

Zadání bakalářské práce

Student:

Vendula Nováková

Studijní program:

B3922 Ekonomika a řízení průmyslových systémů

Studijní obor:

6208R123 Ekonomika a management v průmyslu

Téma:

Zvýšení životnosti materiálu P355N pro tlakové nádoby
Increasing Service Life of Material P355N for Pressure Vessels

Zásady pro vypracování:

1. Shrňte teoretická východiska řešení problematiky.
2. Proveďte ekonomickou analýzu výroby a následného tepelného zpracování bezešvých trubek určených k výrobě tlakových nádob jakostního stupně P355N.
3. Analyzujte mechanické vlastnosti bezešvých trubek určených k výrobě tlakových nádob jakostního stupně P355N.
4. Vyberte vhodný způsob konečného zpracování trubek určených pro výrobu tlakových nádob a to z ekonomického hlediska a současně dle kritéria odolnosti materiálu při provádění zkoušek požadovaných normou ČSN EN 10216-3.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. WOZNIAK, Jan. Česká technická norma - EN ISO 643: Ocel - Mikrografické stanovení velikosti zrn. 2013.
2. TKADLEČKOVÁ, Markéta; GRYC, Karel; SOCHA, Ladislav. Laboratorní metalografická analýza vzorků oceli pomocí světelné mikroskopie. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2013.
3. KUTÁČ Josef; JANOVSÁ Kamila. Podnikový controlling. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012, ISBN 978-80-248-2593-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Kamila Janovská, Ph.D.**

Datum zadání: 28.11.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015



doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty

Zásady pro vypracování bakalářské práce

I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání bakalářské práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 6. Obsah BP |
| 2. Originál zadání BP | 7. Textová část BP |
| 3. Zásady pro vypracování BP | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 9. Přílohy |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.

ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníky a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP nemusí obsahovat experimentální (aplikační) část.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na

ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost.

U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

- ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

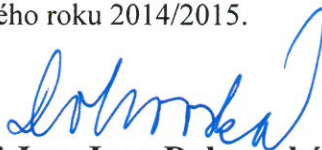
uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2014/2015.



Ostrava 4. 11. 2014

Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 – školní dílo);
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB – TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě 15.4. 2015

Věroslava Kratochvílová
podpis (jméno a příjmení studenta)

Děkuji vedení společnosti VÚHŽ, a. s. za umožnění zpracování mé bakalářské práce.

ABSTRAKT

Obsahem této bakalářské práce je posouzení možnosti zvýšení životnosti materiálu jakostního stupně P355N pro výrobu tlakových nádob. Předmětem posuzování jsou dva kusy trubek z tavby 48358K a jakosti P 355 N – dle ČSN EN 10216-3. Na zkoušených trubkách byl proveden materiálový rozbor se zaměřením na chemickou analýzu, mechanické vlastnosti materiálu a metalografický rozbor.

Na základě poskytnutých údajů z firmy VÚHŽ, a. s. byly provedeny kalkulační výpočty nákladů pro výrobu tlakových nádob a na jejich základě stanoveny výsledky. Z dosažených výsledků zkoušení a kalkulačních výpočtů bylo provedeno konečné zhodnocení a stanovení nejvhodnějšího typu tepelného zpracování materiálu pro výrobu tlakových nádob.

Klíčová Slova

Kalkulace nákladů, životnost materiálu a mechanické vlastnosti materiálu.

ABSTRACT

The main goal of this bachelor's work is to cover topic: Increasing service life of material P355N for pressure vessels. The subject of testing are two pieces of pipes from Heat No 48358K and grade P355N according to CSN EN 10216-3. There was a chemical analysis, subsequent testing, mechanical exams and metallography exams.

There have been calculations made, based on the data provided by the selected company VÚHŽ. Based on the results of these tests the most appropriate type of material heat treatment for production of pressure vessels has been determined.

Keywords

Cost calculation, life of the material and mechanical material properties.

Obsah

1. Úvod	1
2. Představení společnosti	2
2.1. Profil společnosti	2
2.2. Historie vzniku firmy.....	3
2.3. Systém řízení a zaměstnanci	3
3. Náklady a kalkulace	4
3.1. Náklady	4
3.2. Kalkulace	6
4. Technické východiska práce	11
4.1. Ocel.....	11
4.2. Žíhání	12
4.3. Mechanické zkoušení oceli.....	13
4.4. Metalografické stanovení velikosti zrn	15
4.4.1 Příprava vzorků.....	15
4.4.2. Vyhodnocení výsledků.....	17
5. Praktická část.....	18
5.1. Kalkulační výpočty	19
5.2. Materiálový rozbor trubek před žíháním	23
5.2.1. Hodnocení povrchu vzorků po jednotlivých TZ.....	23
5.2.2. Chemická analýza	24
5.2.3. Stanovení obsahu nekovových vměstků	24
5.2.4. Mikrostruktura	25
5.2.5. Velikost zrna	25
5.2.6. Stanovení řádkovitosti perlitické mikrostruktury.....	25
5.2.7. Mechanické zkoušky.....	26
5.3. Materiálový rozbor trubek po žíhání.....	26
5.3.1. Mikrostruktura	26
5.3.2. Velikost zrna	26
5.3.3. Povrchové oduhličení	27
5.3.3. Stanovení mechanických vlastností	27
6. Ekonomické zhodnocení	28
7. Závěr.....	30
Seznam použité literatury:	31

1. Úvod

Téma bakalářské práce je zvýšení životnosti materiálu P355N pro tlakové nádoby. Předmětem zkoušení jsou dva kusy trubek z tavby 48358K, jejichž průměr je 127 mm a tloušťka stěny je 10 mm. Trubky jsou jakosti P 355 N – dle ČSN EN 10216-3.

Jedná se o trubky z konstrukční oceli s označením 1.0562. Zemí výroby je Česká republika (ČSN). Patří do podskupiny ČSN EN 10216-3, jedná se tedy o bezešvé ocelové trubky pro tlakové nádoby a zařízení. Trubky byly vyrobeny v akciové společnosti ArcelorMittal Tubular Products Ostrava, a. s. (AMTPO).

Tyto trubky byly dále použity ke zkoušení a to v akciové společnosti VÚHŽ, a.s. Byl proveden chemický rozbor, díky němu bylo zjištěno z jakých chemických prvků, dané procentuální hodnoty se trubky skládají. Poté následovalo zkoušení pomocí mechanických zkoušek, konkrétně zkouškou rázem v ohybu, která patří do zkoušek dynamických a zkouška tahem, zde se jedná naopak o zkoušku statickou.

Trubky byly také metalograficky zkoušeny. K této zkoušce bylo potřeba odebrat vzorek trubky v podélném a příčném řezu, z kterého byly následně vyhotoveny tyto zkoušky:

- stanovení obsahu nekovových vměstků dle ČSN ISO 4967, metoda A, 200mm²,
- stanovení řádkovitosti perlitické struktury dle ČSN 42 0469,
- stanovení velikosti feritického zrna dle ČSN EN ISO 643, metoda srovnání s normovanými zobrazeními.

Z poskytnutých údajů firmy VÚHŽ, a. s. byly provedeny kalkulační výpočty, na jejich základě dále stanoveny výsledky tří druhů materiálu. Na základě výsledků bylo provedeno konečné zhodnocení a vybrání nejvyššího a zároveň cenově nejvýhodnějšího materiálu pro výrobu tlakových nádob. Vyhodnocený materiál splňuje dané požadavky tedy po všech stránkách, tzn. cenově dostupné náklady na výrobu trubek při výborné vysoké kvalitě a dlouhodobé životnosti.

2. Představení společnosti

V této části práce je představena společnost VÚHŽ, a. s. (dále jen VÚHŽ), ve které byly čerpány informace jako podklady pro praktickou část této bakalářské práce.

2.1. Profil společnosti

VÚHŽ je akciová společnost zaměřená na malosériovou výrobu v oblasti hutní výroby a automatizační techniky pro průmysl. VÚHŽ, a.s. se zabývá rovněž výzkumem a vývojem nových materiálů a technologií, akreditovaným zkušebnictvím a expertízou.

Zhruba polovina výroby ve VÚHŽ je exportována do mnoha zemí jako např. do Německa, Polska, Slovenska, Francie, Itálie, Ruska, Ukrajiny, Číny, Indie, Saudské Arábie, atd.

VÚHŽ si je vědoma vlivu svého podnikání na životní prostředí (dále jen ŽP), a proto usiluje o zodpovědné podnikání s co nejmenšími dopady na okolní prostředí. Společnost má zavedený systém environmentálního managementu certifikovaný podle normy ČSN EN ISO 14001, který přispívá k trvalému růstu podniku a pomáhá při prevenci a eliminaci negativních dopadů činností a služeb na životní prostředí.

Snížování dopadů na životní prostředí patří trvale k zásadnímu přístupu v řešení podnikatelských plánů a zavádění nových technologií.

Ve VÚHŽ v divizi Slévárna odstředivě litých odlitků proběhla např. rekonstrukce a oprava odsávání indukčních pecí, což způsobilo snížení úniku škodlivin do ovzduší.

Struktura VÚHŽ je rozdělena na několik pracovišť (divizí) ty jsou konkrétně členěny na tyto divize:

- válcovnu speciálních profilů,
- slévárnu odstředivě litých odlitků,
- automatizaci,
- metalurgii,
- povlakovací centrum + nástrojárnu,
- laboratoře a zkušebny.

2.2. Historie vzniku firmy

Firma byla založena 1. dubna 1948 a její sídlo bylo v Praze, poté od roku 1972 je sídlo VÚHŽ v Dobré u Frýdku – Místku. Postavilo se výzkumné a vývojové centrum pro výrobu prototypových zařízení pro metalurgické podniky. VÚHŽ se také zabývalo produkcí malých sérií automatizačních a měřicích přístrojů pro tyto podniky.

1. května 1992 byla VÚHŽ reorganizována privatizačním programem na akciovou společnost. Společnost se postupně stala perspektivní firmou s technologickým zaměřením. V květnu 2007 byl 100 % podíl v mateřské společnosti VÚHŽ koupen společností TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., jež je vlastníkem společnosti VÚHŽ a 100% akcionářem.

2.3 Systém řízení a zaměstnanci

Systém řízení

Podnikatelským cílem je vytvořit „high-tech“ společnost s vysoce sofistikovanými produkty a službami, které budou představovat špičku v daném oboru. Pro dosažení tohoto cíle je důležité spojit poznatky z oblasti výzkumu a vývoje s invencí svých zaměstnanců a schopností umístit tyto produkty na tuzemském a evropském trhu.

Zaměstnanci

Důležitým cílem personální politiky uplatňované ve VÚHŽ je vytvoření stabilního pracovního týmu zkušených odborníků, kteří zabezpečí vysokou konkurenční schopnost společnosti na tuzemském i zahraničním trhu. Zaměstnancům jsou poskytovány takové podmínky a podpora, která umožňuje profesionální růst a rozvoj jejich odborných znalostí a dovedností, jakož i široká nabídka sociálních výhod a zaměstnaneckých benefitů.

3. Náklady a kalkulace

3.1 Náklady

Náklady se obvykle definují jako spotřeba práce a prostředků v peněžním vyjádření. Lze říci, že náklady představují určité vstupy do podniku. Lze je také chápat jako peněžní vyjádření spotřebovaných výrobních faktorů. Slouží ke snížení ekonomického přínosu, to se odrazí v úbytku aktiv, snížení jejich hodnoty nebo také vznikem či zvýšením závazků.

Náklady se člení do několika skupin:

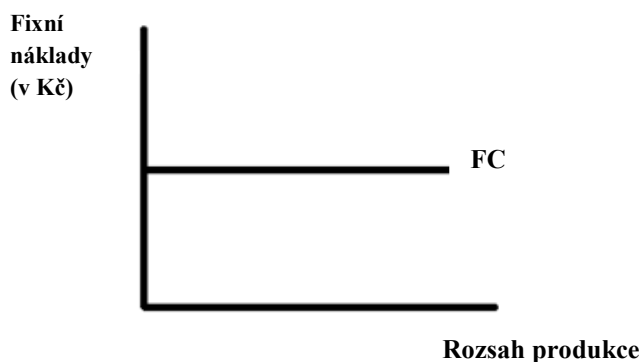
- dle vztahu k objemu výroby,
- dle místa vzniku,
- dle druhu.

a) Členění nákladů dle vztahu k objemu výroby

Slouží k výpočtům nákladů na jeden výrobek při zavádění nových technologií.

- **Fixní (pevné) náklady** - jedná se o náklady, jejichž výše se nemění vzhledem ke změnám rozsahu produkce [9].

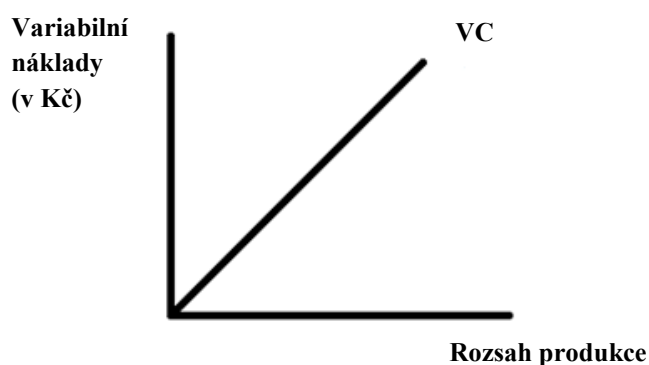
Fixní náklady vytváří technické a organizační podmínky pro výrobní proces. Mezi typický případ fixních nákladů patří odpisy budov a zařízení, nájemné, osvětlení objektu, úroky z hypotečních úvěrů a mzdy managementu. Grafické znázornění fixních nákladů je patrné na obrázku 1.



Obr. 1.: Fixní náklady [9]

- **Variabilní (proměnlivé) náklady** (obr. 2) – variabilní náklady jsou náklady, které se mění se výstupem. Obecně variabilní náklady vzrostou konstantně vzhledem k práci a kapitálu. [11]

Typickým příkladem variabilních nákladů jsou mzdy pracovníků a náklady na energii.



Obr. 2 Variabilní náklady [9].

- **Celkové náklady** – jsou součtem fixních a variabilních nákladů. Představují nejnižší celkové výdaje potřebné k vyrobení každé úrovně výstupu q . Rostou, když roste q . Jedná se pouze o náklady, které jsou součástí fixní a variabilní části. Příkladem může být elektrická energie - spotřeba elektrické energie se může zvýšit s výrobou, ale pokud se nic nevyrábí, továrna může stále požadovat určité množství energie jen, aby se udržela při životě.

b) Rozdělení nákladů dle místa vzniku:

- **Interní** – jedná se o vznik nákladů v rámci vnitropodnikové spolupráce.
- **Externí** – tyto náklady vznikají mimo podnik.

c) Členění nákladů dle druhu (tj. podle účetní evidence)

- **Provozní náklady** - tyto náklady jsou spojeny s výrobním procesem a dále se dělí na:
 - materiálové náklady,
 - náklady na služby,
 - ostatní náklady,
 - daně a poplatky,
 - odpisy.

- **Finanční** – jsou to náklady spojeny s finančními operacemi.
- **Mimořádné** - řadí se zde náklady vzniklé v souvislosti s neobvyklými náklady podniku (např. rezervy).
- **Kalkulační členění nákladů dělíme na:**
 - **Přímé** - jsou náklady, které můžeme specificky a exkluzivně vztáhnout k nějakému nákladovému objektu
 - **Nepřímé** - nepřímé náklady projektu jsou náklady, které nejsou nebo nemohou být jednoznačně spojené s konkrétní aktivitou daného projektu.[13].

3.2 Kalkulace

Kalkulace slouží k předběžnému stanovení nebo následnému zjištění nákladů popř. ceny na kalkulační jednici.

Kalkulace je určována těmito prvky:

- předmětem kalkulace => kalkulační jednice,
- obsahem kalkulace => kalkulační množství, náklady a výnosy,
- formou kalkulace => kalkulační vzorec.

Kalkulační jednice – vyjadřuje určitý výkon, vymezený druhem, měřitelnou jednotkou, místem vzniku, na který se stanoví, nebo zjišťují vlastní náklady. [13].

Kalkulační systém je skládán z kalkulací předběžných, kalkulací výsledných a cenových. **Kalkulace předběžná** obsahuje plánované náklady a **kalkulace výsledná** obsahuje skutečné náklady. Existují různé typy kalkulací a ty jsou vzájemně propojeny (viz. obr. 3).



Obr. 3.: Typy kalkulací a jejich vzájemná vazba [11].

Propočtové kalkulace – provádí se pro předběžné posouzení efektivity daného výkonu, bohužel je to jedna z nejméně přesných kalkulací. Patří mezi kalkulace předběžné a k jejím součástem patří náklady na výkony určené k prodeji i náklady patřící pro vnitřní potřebu firmy.

Kalkulace normová – vychází z technicko-hospodářských norem. Většinou se používá pro hromadnou výrobu. Kalkulace normová se dále dělí na kalkulaci operativní a plánovanou.

Operativní kalkulace – bývá platná od okamžiku předání výrobku do výroby, tj. představuje nákladový úkol výrobního útvaru. Je stanovována pomocí technicko-hospodářských norem a používá se jako nástroj hlavně v krátkodobém řízení.

Plánovaná kalkulace – je součástí celého plánu rozpočtu. Součet hodnot v kalkulaci plánované se musí rovnat hodnotám daným v rozpočtu.

Každá kalkulace se skládá z určitých položek nákladů a výnosů. Pro její vypočtení se používá typový kalkulační vzorec, který je zobrazen v tabulce 2.

Kalkulační vzorec se skládá z nákladů přímých a nepřímých.

Přímé náklady kalkulačního vzorce

- přímý materiál,
- přímé mzdy,
- ostatní přímé náklady.

Nepřímé náklady kalkulačního vzorce:

- výrobní režie,
- správní režie.

Kalkulační vzorec rozčleňuje položky nákladů, výdajů, resp. výnosů, a tím zajišťuje jednotnost při sestavování předběžných a výsledných kalkulací výkonu a jejich srovnatelnost v časové řadě i srovnatelnost mezipodnikovou. Je výhodnější používat rozdělení kalkulačních položek na jednicové a režijní než na přímé a nepřímé nebo dokonce na přímé a režijní, jak je uváděno v typovém kalkulačním vzorci. Kalkulační typové vzorce jsou dva a to, vzorec klasický a dynamický.

Druhy kalkulačních vzorců:

- **Klasický (typový) kalkulační vzorec:**

- primární členění KP: přímé a režijní,
- sekundární členění KP: druhové.

V klasickém kalkulačním vzorci se člení náklady primárně na přímé a režijní a také na druhové. Příklady druhového členění jsou evidentní v tabulce 1.

Tab. 1.: Příklady druhového členění nákladů [11].

Druh nákladu	Přímé kalkulační položky	Režijní (nepřímé) kalkulační položky
účet 501	Přímý materiál	Režijní (nepřímý) materiál
účet 521	Přímé mzdy	Režijní (nepřímé) mzdy
účet 524	Sociální pojištění k př. Mzdám	Soc. pojištění k režijním mzdám
účet 518	Ostatní př. služby - kooperace	Ostatní režijní (nepřímé) služby

Rozpor mezi kalkulačním členěním nákladů na přímé a nepřímé a praktickým členěním na jednicové a režijní v sobě obsahuje i tzv. typový kalkulační vzorec. Typový kalkulační vzorec rozděluje kalkulační položky na přímé a režijní což je patrné v tab. 2.

Tab. 2.: Klasický typový kalkulační vzorec [11].

1.	Přímý materiál
2.	Přímé mzdy
3.	Ostatní přímé náklady
	Náklady přímé
4.	Výrobní režie
	Vlastní náklady výroby
5.	Správní režie
	Vlastní náklady výkonu
6.	Odbytová režie
	Úplné vlastní náklady výkonu
7.	Zisk
8.	Daň z přidané hodnoty
	Cena výrobku s DPH

• **Dynamický (typový) kalkulační vzorec:**

- členění KP primární: variabilní a fixní,
- sekundární: jednicové a režijní,
- terciální: druhové.

Vedle členění kalkulačních položek na jednicové (zjistitelné na jednotku kalkulační jednice) a režijní (společné pro více kalkulačních jednic) je také dalším důležitým členěním nákladů, ale i výnosů, na variabilní a fixní [11].

Po přidání tohoto členění do kalkulačního vzorce vzniká tzv. Dynamický kalkulační vzorec. Položky dynamického kalkulačního vzorce se člení podle potřeby na jednotlivé druhy nákladů a výnosů

Kalkulace postupná (fázová) a průběžná

Kalkulace postupná (fázová) se využívá u výrobku, které během své výroby prochází několika výrobními fázemi. V první fázi je vyroben výrobek tzv. polotovar, ten je předán do druhé výrobní fáze, kde se spotřebuje pro výrobu dalšího polotovaru. Tento cyklus se několikrát opakuje, než dojde do finální fáze výroby, kde z polotovaru vznikne hotový výrobek, který je určený k prodeji. Jedním z hlavních problémů postupných kalkulací jsou náklady na spotřebu polotovarů a to proto, že součástí ocenění těchto polotovarů v úrovni vlastních nákladů jsou kromě spotřeby jednicového materiálu i jednicové a režijní zpracovací náklady. Z fázových kalkulací nelze vyčíst, jaká je celková spotřeba zpracovacích nákladů.

Kalkulace průběžná se počítá z fázových kalkulací tak, že hodnota spotřeby polotovaru z předchozí fáze je nahrazena hodnotami nákladových položek, kterými byl polotovar oceněn. U této metody se například, náklady na spotřebu elektrické energie v objemu obsaženém ve spotřebovaném polotovaru z první fáze výroby přičtou k nákladům, na spotřebu elektrické energie v objemu obsaženém ve spotřebovaném polotovaru z druhé fáze výroby, atd. Pro výpočet je nutné znát technologický postup výroby každé kalkulační jednice a měřené spotřeby polotovarů za kalkulační jednice v jednotlivých fázích výroby [13].

4. Technické východiska práce

4.1 Ocel

Je to slitina železa, uhlíků a dalších legujících prvků, obsahující méně než 2,11 % uhlíku. Ocel se vyrábí ze surového železa. Základní rozdělení oceli je, na ocel k tváření a na odlitky. Ocel k tváření se dále dělí na:

Konstrukční

Většinou se jedná o nelegované oceli používané ve strojírenství, stavebnictví a v mnoha jiných odvětvích:

- nelegovaná (třídy 10, 11, 12),
- legovaná (třídy 13 až 17).

Nástrojovou

Nástrojové oceli jsou uhlíkové, středně legované a vysoce legované ocele nebo oceli rychlořezné typicky s vyšším až vysokým obsahem uhlíku a používají se na výrobu různých nástrojů a forem. Označují se předčíslem 19.

- nelegované,
- legované,
- rychlořezné.

Rychlořezná ocel, se vyznačuje stabilitou vlastností za tepla. Zachovává si řezné vlastnosti až do 650°C. Rychlořezná ocel je legována těmito prvky (W, Cr, V, Co) v celkovém množství nad 20% [1].

Vlastnosti nástrojové oceli lze měnit, dle jejího složení. Nejčastěji se vyrábí v elektrických pecích a to z nejkvalitnějších surovin. Na tyto oceli jsou kladeny vysoké požadavky jako např. vysoká tvrdost a pevnost, dostatečná houževnatost, odolnost proti opotřebení, dobrá obrobitelnost, leštitelnost.

Dle chemického složení se ocel dělí na:

- nelegovanou – uhlíkovou (s obsahem uhlíku menším než 2,14 %)
- legovanou - slitinovou (obsahuje další úmyslně přidané prvky)

4.2 Žihání

Je to proces, který souží ke snížení vnitřního pnutí, zlepšení technologických vlastností a odstranění chemických nebo strukturních heterogenit. Žiháním se rozumí proces, při něm probíhá ohřev na určitou teplotu. Následuje pomalé ochlazování, u něhož se veškeré přeměny ukončí a ocel je po vychladnutí ve stavu prakticky rovnovážném. Vlastnosti vyžíhané oceli závisí na třech okolnostech:

- teplotě,
- době ohřevu,
- rychlosti ochlazování.

Žihání se provádí tehdy, když je potřeba ocel změkčit, zbavit ji pnutí a následků předcházejícího mechanického zpracování. Z uhlíkového diagramu lze vyčíst přechod přes překrystalizační teploty. Řídí – li se přechod přes překrystalizační teploty s překrystalizací jedná se v opačném případě o žihání bez překrystalizace.

Tepelný proces žihání dělíme na:

Žihání bez překrystalizace

Žihání bez překrystalizace se používá ke snížení zbytkových pnutí např. po svařování. Při tomto žihání je nutný pomalý ohřev i ochlazování. Žihací teplota se pohybuje v rozmezí 500 – 650°C a doba výdrže bývá zhruba okolo 1 – 10 hod. podle velikosti a tvaru žíhané součásti.

Žihání bez překrystalizace dělíme na:

- rekrytalizační žihání,
- protivločkové žihání,
- žihání k odstranění křehkosti po moření,
- žihání na měkko,
- rozpouštěcí žihání,
- žihání ke zhrubnutí zrna [2].

Žihání s překrystalizací

Cílem žihání je zjemnění austenitického zrna, čímž dosáhneme vyšší pevnosti. Žihání s předkrystalizací dělíme na:

- homogenizační žihání,
- normalizační žihání,
- izotermické žihání [2].

4.3 Mechanické zkoušení oceli

Testování mechanických vlastností materiálů hraje nezastupitelnou roli při kontrole technologie výroby, při kontrole jakosti a při přejímkách polotovarů či výrobků a také při vývoji nových materiálů. Mechanické zkoušky zkoumají chování materiálu při působení vnějších sil. Mechanické vlastnosti materiálu vyjadřují deformační schopnost nebo odpor vůči deformaci. Mechanické zkoušky dělíme dle působení síly na zkušební těleso na zkoušky:

- statické,
- dynamické.

Při zkoušce statické je působeno na zkušební těleso klidnou a rovnoměrnou silou. Dynamické zkoušky se vyznačují rychlým zatěžováním, které se mění buď skokem – rázem, nebo opakovaně v určitých cyklech [4].

Statické zkoušky podrobněji dělíme dle působení zatěžující síly na:

- zkouška v tahu,
- zkouška v tlaku,
- zkouška v ohybu,
- zkouška v krutu,
- zkouška ve stříhu [3].

Mezi dynamické zkoušky patří např. zkoušku vrubovou houževnatosti [3].

Statická zkouška – tahová

Je to mechanická zkouška kovových materiálů, při níž je materiál namáhán tahem. Řídí se národní normou ČSN EN 10002, tato norma je totožná s normou evropskou EN 10002:90.

Při této zkoušce je zkušební tyč upnuta na zkušebním zařízení a následně namáhána tahovým zařízením do přetržení. Zkušební tyč se upíná vhodným způsobem, pomocí klínů, osazených závitovými nebo hydraulickými čelistmi. Díky tomu působí zatížení pouze v ose zkušební tyče. Zatížení se zvyšuje plynule až do okamžiku, kdy nastane porušení zkušebního materiálu. Ani při zvláštních zkouškách se zatížení neopakuje příliš často. Díky této okolnosti se odlišuje statická zkouška od zkoušek dlouhodobých, používaných pro stanovení meze únavy.

Dynamická zkouška – nárazová práce

Je to zkouška, při které se působí rychlým zatěžováním, nárazem. Podstatou této zkoušky je stanovení vlastností materiálu při působení dynamických sil. Dynamické zkoušky jsou dvojího druhu, a to zkoušky rázové a únavové.

Dynamické zkoušky rázové

Rázová zkouška slouží ke zjištění, kolik práce či energie se spotřebuje při porušení zkušební tyče. Obvyklé se zkouší jedním rázem, kdy se k porušení tyče používá najednou dostatečného množství energie.

4.4. Metalografické stanovení velikosti zrn

- **Metalografie** – věda, která pojednává o vnitřní stavbě a struktuře kovů a slitin.
- **Mikrostruktura** – struktura kovů, pozorovatelná mikroskopicky.
- **Zrno (grain)** – uzavřený polygonální celek, který může mít více či méně zakřivené strany. Zrno může být zviditelněno na rovinném výbrusu zkušebního vzorku pomocí leštění a přípravy pro metalografické zkoumání.
- **Austenické zrno (austenitic grain)** – krystal s plošně středěnou kubickou strukturou (KPC). Tato struktura může či nemusí obsahovat žíhací dvojčata.
- **Feritické zrno (ferritic grain)** – krystal s prostorově středěnou kubickou strukturou (KSC). Struktura může, ale také i nemusí obsahovat žíhací dvojčata.
- **Číslo velikosti zrna (index)** – G – záporné číslo, kladné či nula, odvozené ze středního počtu n zrn, které zjistíme na ploše 1 mm^2 výbrusu vzorku. [5]

4.4.1 Příprava vzorků

Způsoby přípravy metalografické sekce pro makroskopické a mikroskopické vyšetření jsou časté a různorodé. Metalografická příprava obvykle vyžaduje specifické posloupnosti operací, které zahrnují řezání, montáž, identifikaci, broušení, leštění, čištění a leptání. Každý z těchto kroků může být provedeno různými způsoby a může se měnit v závislosti na specifických vlastnostech materiálu. [12]

Při přípravě vzorků se postupuje v několika následujících krocích:

- odběr vzorku,
- preparace (pouze u některých vzorků),
- broušení,
- leštění,
- leptání [5].

Broušení a leštění vzorků

U přípravy jednoho vzorku se provádí broušení a leštění na jednoduchém stroji. Při broušení se používají brusné papíry s rozdílnou zrnitostí a následně při leštění se používá filcová podložka. Na filcovou podložku je naléván vodný roztok diamantové pasty zrnitostí 6, 3, 1 μm . Při větším počtu vzorků je efektivnější použít univerzální brusku a leštičku. Tyto stroje mají upínací hlavu, do které se vloží jednotlivé vzorky a ty jsou poté díky stroji všechny hromadně broušeny a leštěny. Během těchto procesů dochází k odstranění materiálu z povrchu vzorku. Materiál je tvářen za studena do určité hloubky [6].

Zviditelnění struktury – chemické leptání

Vyleštěný metalografický výbrus se vyhodnocuje pomocí mikroskopu, v němž vidíme případné dutiny, nekovové vměstky nebo jiné nehomogenity. Jednofázovou nebo dvoufázovou strukturu nelze vidět, proto je nutno ji zviditelnit. Pro zviditelnění se používá metoda nazývaná chemické, barevné nebo elektrolytické leptání. Pro nelegované materiály se nejčastěji používá 2 až 4 % roztok kyseliny dusičné v alkoholu a působí jak na plochy zrn, tak i na hranice zrna. Hranice zrn mají zvýšenou hustotu poruchy mřížky, proto se zviditelňují tím, že leptadlo na nich způsobí prohlubeniny. Dopady světelných paprsků vytvoří na hranicích zrn stíny, které se pozorují [6].

4.4.2. Vyhodnocení výsledků

Při vyhodnocení výsledků se posuzuje:

- **Stanovení obsahu nekovových vměstků v oceli** – pro stanovení se používá mikrografická metoda využívající normovaná zobrazení, dle ČSN ISO 4967 spočívá v pozorování vměstků a stanovení jejich typu. Dle tvaru a rozdělení vměstků se normovaná zobrazení dělí do 5 základních skupin označených A, B, C, D a DS. Každá skupina sestává ze dvou podskupin a šesti zobrazeními, které znázorňují rostoucí obsah vměstků.
- **Mechanické zkoušky** - mechanické zkoušky slouží ke zjištění chování materiálu za působení vnějších sil, tzn., ke zkoumání jeho mechanických vlastností.
- **Stanovení velikosti zrna** – při procesu tuhnutí vzniká v tavenině velké množství krystalových zárodků, ty jsou vzájemně náhodně krystalograficky orientovány. Růst krystalu je po dané době zastaven díky sousedícím krystalům. Zrna kovu jsou ohraničené útvary vzájemně oddělené plochami nazývanými hranice zrn. Velikost zrna kovu se stanovuje zejména z důvodu, kdy velikost zrna ovlivňuje mez kluzu v tahu [6].

Normovaná zobrazení velikosti zrn při stonásobném zvětšení se číslují od 00 do 10 tak, aby jejich čísla byla shodná s čísly velikosti zrna G. [8] Pro zjištění počtu zrn se používají dvě metody a to metoda lineární průsečíková a kruhová průsečíková.

Lineární analýza poskytuje alternativní metodu počítání bodů pro objemový podíl. Když je struktura téměř lineární, traverzy se můžou provádět v jakékoliv poloze pro měření délky linie obsazené v druhé fázi. [7].

Kruhová průsečíková metoda má tendenci vykazovat mírně vyšší hodnoty zachycení úseků a tedy nepatrně nižší počet průsečíků. [8]

5. Praktická část

V praktické části bakalářské práce byly provedeny kalkulační výpočty u tří druhů ocelových bezešvých trubek. Ke každému druhu trubky byly rozepsány informace, sloužící jako podklad pro výpočet kalkulací. Vypočtené výsledky kalkulací byly sestaveny do přehledné tabulky a následně graficky zobrazeny. Kalkulační výpočty byly sestaveny pro tyto druhy:

- ocelové bezešvé trubky bez tepelné úpravy,
- ocelové bezešvé trubky po procesu žihání bez ochranné atmosféry,
- ocelové bezešvé trubky po procesu žihání s ochrannou atmosférou.

Ocelové bezešvé trubky bez tepelné úpravy – jedná se o vyrobené trubky, které nejsou následně nijak tepelně upravovány.

Ocelové bezešvé trubky po procesu žihání bez ochranné atmosféry – výřezy z trubek 1A a 1B byly žihány v ochranné argonové atmosféře při 600°C (vlození vzorku do pece, ustálení teploty, výdrž 30 minut) / ochlazení proudícím vzduchem.

Ocelové bezešvé trubky po procesu žihání s ochrannou atmosférou - části trubek 2A a 2B byly žihány bez ochranné atmosféry při 600°C /30 minut/ochlazení proudícím vzduchem.

Po provedeném tepelném zpracování byly z trubek odebrány vzorky v řezu podélném a v řezu příčném vzhledem k ose trubky a dále vedeny pod značením: 1A, 2A a 1B, 2B.

1 - s ochrannou atmosférou

2 – bez ochranné atmosféry

Pro metalografické zkoušení byly vzorky připraveny broušením o zrnitosti 240 – 2 500, dále byly vzorky leštěny pomocí diamantových past se zrnitostí 6 µm, 3µm, 1µm.

V následujících kalkulačních výpočtech nebyla připočtena k vlastním nákladům výroby odbytová režie. Firmy VÚHŽ, a. s. a ArcelorMittal Tubular Products Ostrava, a.s. mají vlastní sklady, za které neplatí pronájem, proto nevzniknou náklady na skladování.

5.1 Kalkulační výpočty

Druh č. 1 – Ocelové bezešvé trubky

Informace:

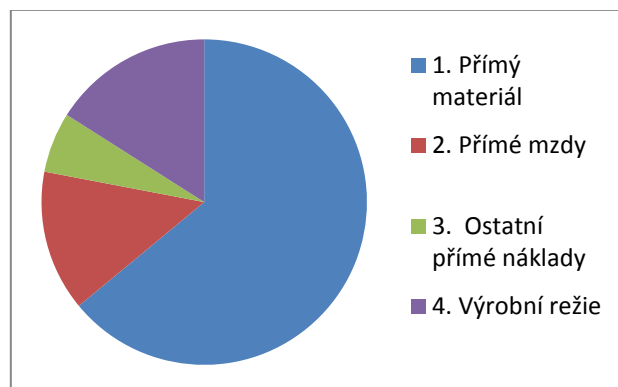
- Náklad na vstupní materiál
(kontislitek 160 mm): 13 440 Kč/t (13 Kč/kg)
 - Náklad na hotovou trubku (127 x 10 mm): 677 Kč/m (23,725 Kč/kg)
 - Metrová váha (127 x 10 mm): 29,29 Kg/m
 - Kalkulační jednice (odpočet K. J.): 50 ks (trubek délky 10 m)
- => 50 ks x 10 m = 500 m
- => 500 m x 29,29 kg = 14 645 kg => 14,6 t.

Tab.3.: Kalkulační výpočet pro ocelové bezešvé trubky bez tepelné úpravy

druh 1.	Ocelová bezešvá trubka bez tepelné úpravy			
Ocelové bezešvé trubky				
Kalkulační jednice (ks)		Procentuální zobrazení (%)	Koeficient (t)	Výpočet (kč)
50			14,6	
1.	Přímý materiál	64	13 440 * 14,6	196 224
2.	Přímé mzdy	14	2 940 * 14,6	42 924
3.	Ostatní přímé náklady	6	1 260 * 14,6	18 396
4.	Výrobní režie	16	3 360 * 14,6	49 056
		100	Σ	306 600

Na základě dodaných hodnot z firem ArcelorMittal Tubular Products Ostrava, a.s. a firmy VÚHŽ, a. s. byly provedeny kalkulační výpočty. U prvního druhu ocelová bezešvá trubka byly použity pouze hodnoty z firmy ArcelorMittal Tubular Products Ostrava, a.s. Ve výše uvedené tabulce byl propočten přímý materiál na 196 224 Kč, přímé mzdy

zahrnující mzdy zaměstnanců AMTPO podílejících se na výrobě ocelové bezešvé trubky byly stanoveny na 42 924 Kč. Ostatní přímé náklady byly vypočteny na 18 396 Kč a výrobní režie v částce 49 056 Kč. Po sečtení těchto čtyř položek byly zjištěny vlastní náklady výroby v hodnotě 306 600 Kč. Hodnoty z výše uvedené tabulky byly následně přeneseny do následujícího grafu.



Obr. 4.: Rozdělení nákladů pro ocelové bezešvé trubky bez tepelné úpravy

Druh č. 2 – Ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání, variantou A Žíhání bez ochranné atmosféry

Informace:

- Náklad na proces žíhání ochranné atmosféry => 15 Kč/Kg
- Hodinová sazba dělníka 110 Kč => za 1h dělník vyžihá 10 trubek
- Ostatní přímé náklady => na 10 trubek činní 1000 Kč
- Příkon je 14 KWh/hodinu => sazba na hodinu 2,50 Kč/h => 8 hodin = 10 trubek

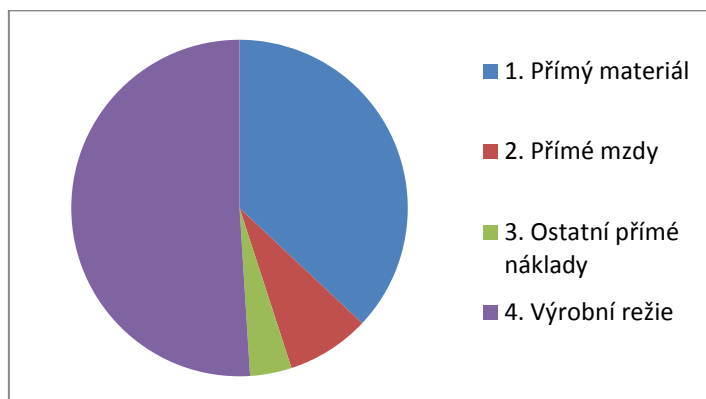
Veškeré hodnoty pro výpočet kalkulací u druhu ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání bez ochranné atmosféry byly poskytnuty z firmy VÚHŽ, a.s. Následující kalkulační výpočty byly tvořeny základem vypočtených částek z druhu ocelová bezešvá trubka bez procesu žíhání. K těmto základním částkám byly připočteny výše uvedené náklady

vztahující se k firmě VÚHŽ. Po dopočtení celkového kalkulačního výpočtu byly stanoveny vlastní náklady výroby v částce 530 225 Kč. Veškeré výpočty byly dále vneseny do grafu.

Tab.4.: Kalkulační výpočet pro ocelové bezešvé trubky žíhané bez ochranné atmosféry

druh 2.	Ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání, variantou A			
Žíhání bez ochranné atmosféry				
Kalkulační jednice (ks)		Procentuální zobrazení (%)	Koeficient (t)	Výpočet (Kč)
50			14,6	
1.		Přímý materiál	37	13 440 * 14,6
2.	Přímé mzdy	8	42 924 + (110 * 5)	43 474
3.	Ostatní přímé náklady	4	18 396 + (1000 * 5)	23 396
4.	Výrobní režie	51	46 056 + (14 645*15)+ (40 * 35)	267 131
		100	Σ	530 225

V tomto grafu je patrné rozložení nákladů na proces výroby ocelové bezešvé trubky, která je následně žíhána bez ochranné atmosféry.



Obr. 5.: Rozdělení nákladů pro ocelové bezešvé trubky žíhané bez ochranné atmosféry

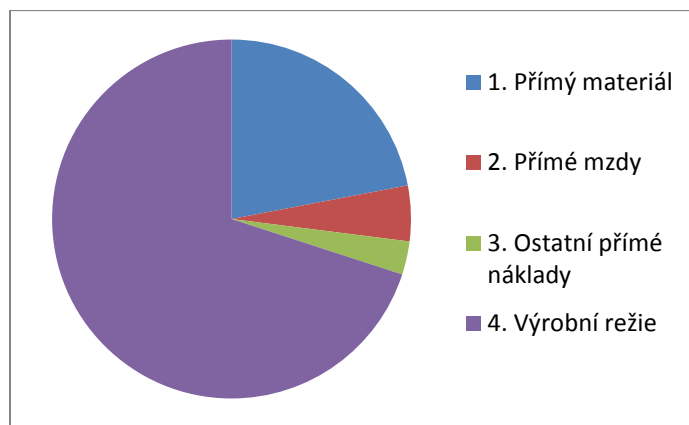
Druh č. 3 – Ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání, variantou B**Žíhání s ochrannou atmosférou****Informace:**

- Náklad na proces žíhání
ochranné atmosféry $\Rightarrow 40 \text{ Kč/Kg}$
- Hodinová sazba dělníka $110 \text{ Kč} \Rightarrow$ za 1h dělník vyžihá 10 trubek
- Ostatní přímé náklady \Rightarrow na 10 trubek činní 1000 Kč
- Příkon je 14 KWh/hodinu \Rightarrow sazba na hodinu 2,50 Kč/h $\Rightarrow 8 \text{ hodin} = 10$ trubek

Tab.5.: Kalkulační výpočet pro ocelové bezešvé trubky žíhané v ochranné atmosféře

druh 3.	Ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání, variantou B			
Žíhání s ochrannou atmosférou				
Kalkulační jednice (ks)		Procentuální zobrazení (%)	Koeficient (t)	Výpočet (kč)
50			14,6	
1.		Přímý materiál	22	196 224
2.	Přímé mzdy	5	42 924 + (110 * 5)	43 474
3.	Ostatní přímé náklady	3	18 396 + (1000 * 5)	23 396
4.	Výrobní režie	70	46 056+ (14 645 * 40) + (40 * 35)	633256
		100	Σ	896 350

U tohoto druhu, ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání v ochranné atmosféře, byly údaje pro výpočet kalkulací poskytnuty z firmy VÚHŽ. Stejným způsobem byly provedeny výpočty pro základ jednotlivých položek u druhého, navrhovaného způsobu žíhání pro ocelovou bezešvou trubku bez procesu žíhání. K tomuto základu byly připočteny další náklady. Po vypočtení tabulky byly vlastní náklady výroby stanoveny ve výši 896 350 Kč. Vypočtené hodnoty jsou znázorněny v následujícím grafu.



Obr. 6.: Rozdělení nákladů pro ocelové bezešvé trubky žíhané v ochranné atmosféře

Ve výše uvedené kapitole 5.1 byly provedeny kalkulační výpočty u tří druhů trubek. Prvním druhem je ocelová bezešvá trubka bez procesu žíhání, dalším je ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání bez ochranné atmosféry a jako posledním druhem je ocelová bezešvá trubka po procesu žíhání s ochrannou atmosférou. Veškeré hodnoty pro výpočet kalkulací byly poskytnuty z firem ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s. a z firmy VÚHŽ a. s. Na základě těchto hodnot byly vypočteny kalkulace, které byly následně sestaveny do přehledné tabulky a výsledné údaje kalkulačního výpočtu byly nakonec graficky znázorněny.

5.2 Materiálový rozbor trubek před žíháním

5.2.1 Hodnocení povrchu vzorků po jednotlivých TZ

Základní materiálová charakteristika trubky A a trubky B byla provedena na základě získání skutečností se zaměřením na chemickou analýzu, velikost feritického zrna, stanovení obsahu nekovových vměstků v oceli a charakter povrchu trubek.

Zkoušené trubky jsou zobrazeny v příloze č. 1 včetně plánu pro odběr vzorků k následujícímu zkoušení.

5.2.2 Chemická analýza

Ze vzorků A a B byl proveden chemický rozbor v chemické laboratoři firmy VUHŽ a.s. Z chemického rozboru je tedy patrné z jakých prvků je složený vzorek A a vzorek B. Obě trubky jsou stejné jakosti materiálu a to znamená, že se potvrdila shodnost chemického složení. Spíše bych napsala: Ve zkoušených vzorcích byla zaznamenána přítomnost následujících prvků: Mn, CE, Si, C, Cr, Al, Nb, P, S, Ni, N, Mo, V, Ti, Ca, Sn, As, Cu. Chemická analýza je zobrazena viz příloha 2.

5.2.3 Stanovení obsahu nekovových vměstků

Z řezu rovnoběžných s osou trubek byla vyhodnocena mikročistota dle ČSN ISO 4967, metoda A z plochy 200 mm².

Tab. 6.: Stanovení obsahu nekovových vměstků dle ČSN ISO 4967, metoda A, 200mm², vzorek A – podélný:

A		B		C		D		D _s
jemné	hrubé	jemné	hrubé	jemné	hrubé	jemné	Hrubé	-
0	0	0	0,5	0	0	1,0	0,5	1,5

Tab. 7.: Stanovení obsahu nekovových vměstků dle ČSN ISO 4967, metoda A, 200mm², vzorek B – podélný:

A		B		C		D		D _s
jemné	hrubé	jemné	hrubé	jemné	hrubé	jemné	Hrubé	-
0	0	0	0,5	0	0,5	1,0	0,5	1,0

5.2.4 Mikrostruktura

Mikrostruktura byla hodnocena dle ČSN 42 0003 a je u všech vzorků řádkovitá, feriticko – perlitická. Zobrazení mikrostruktury je patrné viz příloha č. 9-14. Mikrostruktura byla vyvolána chemicky, v leptadle 4 % HNO₃.

Zkoušení bylo provedeno na mikroskopu Olympus GX 51, zvětšení 50x – 1000x. Na vzorcích zkoušených trubek byly zaznamenány povrchové vady, charakteru zaválcovaných okují, které zasahují do maximální hloubky maximálně 110 µm.

5.2.5 Velikost zrna

Velikost feritického zrna vstupního materiálu byla hodnocena dle ČSN EN ISO 643. V tabulce 8 jsou uvedeny výsledky měření velikostí feritického zrna ve středech tloušťky stěn jednotlivých trubek.

Tab. 8 Velikost feritického zrna vstupního materiálu.

Trubka	G	příloha
Trubka A	8.0	6 -8
Trubka B	8.0	3 -5

5.2.6 Stanovení řádkovitosti perlitické mikrostruktury

Perlitická řádkovitost byla stanovena dle ČSN 42 0469 u trubky A a u trubky B s řezu rovnoběžného s osou trubek. Pro zkoušku řádkovitosti perlitické struktury a velikosti feritických zrn byly vzorky naleptány v 4% roztoku kyselině dusičné (4% nital).

Trubka A: 2/2B

Trubka B: 2/2B

Zkoušení bylo provedeno na mikroskopu GX51, zvětšení 100x.

5.2.7 Mechanické zkoušky

Ze zkoušených trubek byly odebrány řezy pro výrobu zkušebních tyčí, ze kterých se následně stanovily hodnoty mechanických vlastností dané trubky. Přehled výsledků zkoušení z mechanických zkoušek je zobrazen v tabulkách viz příloha č. 9 - 10.

5.3 Materiálový rozbor trubek po žíhání

Po provedeném tepelném zpracování byly z trubek odebrány vzorky v řezu podélném a v řezu příčném vzhledem k ose trubky a dále vedeny pod značením: 1A, 2A a 1B, 2B.

1 - s ochrannou atmosférou

2 – bez ochranné atmosféry

Povrch jednotlivých vzorků byl vzájemně srovnán a to v oblasti na vnitřní stěně trubek a na vnější stěně trubek.

5.3.1 Mikrostruktura

Mikrostruktura byla hodnocena dle ČSN 42 0003 a je u všech vzorků řádkovitá, feriticko – perlitická, perlit je částečně sferoidizovaný. Jednotlivé mikrostrukturní stavy jsou patrné viz přílohy č. 11 - 14.

5.3.2 Velikost zrna

Velikost feritického zrna byla hodnocena dle ČSN EN ISO 643. V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky měření velikostí feritického zrna ve středech tloušťky stěn jednotlivých trubek.

**Tab. č. 9 Velikost feritického zrna
dle ČSN EN ISO 643**

vzorek	G
1A	8.5
2A	8.5
1B	8.5
2B	8.5

Velikost feritického zrna mezi vzorky zpracovanými bez ochranné atmosféry a s ochrannou atmosférou se nijak neliší. (příloha 11 – příloha 14)

5.3.3 Povrchové oduhličení

Na vzorcích trubek byla stanovena hloubka oduhličení dle ČSN EN ISO 3887, které sahá max. do hloubky 0,15 mm pod povrch jednotlivých vzorků. Vliv ochranné atmosféry se neprojevil na hloubce oduhličení.

Metalografické zkoušení bylo provedeno pomocí optického mikroskopu Olympus GX51.

5.3.4 Stanovení mechanických vlastností

Po technických zkouškách a vyhodnocení mikrostrukturních charakteristik jednotlivých trubek byly vzorky trubek předány do kooperace na divizi Nástrojárna k výrobě zkušebních tyčí pro zkoušku tahem a zkoušku rázem v ohybu. Výsledné hodnoty zkoušky tahem a zkoušky vrubové houževnatosti jsou uvedeny v přílohách 15 a 16.

6. Ekonomické zhodnocení

V kapitole 5.1 byly provedeny kalkulační výpočty u tří druhů trubek. Jako první byly propočteny kalkulace u ocelové bezešvé trubky bez procesu žihání, dále u ocelové bezešvé trubky po procesu žihání bez ochranné atmosféry a nakonec u ocelové bezešvé trubky po procesu žihání. Veškeré informace o nákladech byly poskytnuty z firem ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a. s. a z firmy VÚHŽ a. s..

U ocelové bezešvé trubky bez procesu žihání byl přímý materiál vypočten ve výši 196 224 Kč, do tohoto výpočtu byly zařazeny náklady na vstupní materiál (kontislitek). Při výpočtu přímých mezd byly do výsledné částky zahrnuty veškeré mzdové náklady pracovníků podílejících se na výrobě ocelové bezešvé trubky, výsledná částka přímých mezd je 42 924 Kč. Ostatní přímé náklady byly propočteny ve výši 18 396 Kč a jedná se o veškerý vedlejší materiál spjatý s výrobou (např. trny, oleje, chladicí kapaliny atd.). V případě výrobních režii byla stanovena částka 49 056 Kč, která zahrnuje veškeré energie potřebné k výrobě trubky (elektrina, voda, plyn ...). U prvního druhu (ocelová bezešvá trubka bez procesu žihání) byly vlastní náklady výroby stanoveny ve výši 306 600 Kč na jednu kalkulační jednici (kalkulační jednice je 50 ks rubek), jedná se tedy o nejlevnější metodu.

Dalším druhem byla ocelová bezešvá trubka po procesu žihání bez ochranné atmosféry, u ní byl přímý materiál vypočtený ve výši 196 224 Kč. Tato částka zahrnuje náklady na výrobu trubky. Přímé mzdy zahrnují mzdy veškerých pracovníků podílejících se na výrobě a žihání, ty byly vypočteny ve výši 43 474 Kč. Následně byly vypočteny ostatní přímé náklady, které zahrnují např. oleje a chladicí kapaliny apod. v částce 23 396 Kč. Poslední vypočtenou položkou byly režijní náklady ve výši 267 131 Kč a ty zahrnují např. elektřinu, vodu a proces žihání. U tohoto druhu (ocelová bezešvá trubka po procesu žihání bez ochranné atmosféry) byly vlastní náklady výroby stanoveny v ceně 530 225 Kč na jednu kalkulační jednici. Při srovnání těchto nákladů s náklady, které byly vypočteny u dalších dvou druhů (ocelová bezešvá trubka bez procesu žihání a ocelová bezešvá trubka po procesu žihání v ochranné atmosféře) a kvalitou, která je patrná z výsledků mechanických zkoušek viz příloha č. 9 – 10, je tento druh nejvhodnější pro výrobu tlakových nádob.

Posledním a zároveň třetím druhem byla ocelová bezešvá trubka po procesu žihání s ochrannou atmosférou. Přímý materiál, zahrnující výrobu bezešvé trubky byl stanoven na 196 224 Kč. Následný výpočet přímých mezd zahrnuje mzdy veškerých zaměstnanců podílejících se na výrobě ocelové bezešvé trubky a žihání byl stanoven v částce 43 474 Kč.

Ostatní přímé náklady byly spočteny v částce 23 396 Kč zahrnující např. maziva, chladicí kapalin atd. Poslední propočtenou položkou byly výrobní režie ve výši 633 256 Kč a ty zahrnují proces žihání s ochrannou atmosférou, elektřinu a plyn (argon). Vlastní náklady tohoto druhu (ocelové bezešvé trubky po procesu žihání s ochrannou atmosférou) byly vypočteny na 896 350 Kč na jednu kalkulační jednici, jedná se tedy o cenově nejdražší druh pro výrobu tlakových nádob.

Z technologického hlediska je vhodné použít po výrobě ocelových bezešvých trubek technologii žihání. Žihání slouží ke snížení vnitřního pnutí a směřuje k dosažení rovnovážného strukturního stavu. Díky žihání získá materiál potřebné vlastnosti pro výrobu kvalitních tlakových nádob.

Nejvýhodnější způsobem pro výrobu tlakových nádob je druh B (ocelová bezešvá trubka po procesu žihání bez ochranné atmosféry). Tento způsob je jednak nákladově výhodnější a také je šetrný k životnímu prostředí. Kdežto u procesu žihání v ochranné atmosféře se žihá pomocí plynů (např. argon) které jsou dražší, ale hlavně znečišťují životní prostředí. Žihání bez ochranné atmosféry je oproti žihání s ochrannou atmosférou o 366 125 Kč levnější protože se při tomto způsobu žihání nepoužívá plyn (argon), který je cenově dražší.

Pro výrobu tlakových nádob je tedy tato navržená metoda ideální, pomocí žihání dojde k zušlechtní materiálu a díky výběru žihání bez ochranné atmosféry budou vynaloženy optimální náklady na výrobu a to vše za příznivého souladu s životním prostředím.

7. Závěr

Kontrolní chemický rozbor obou trubek potvrdil jakost materiálu P355N vhodnou k použití pro tlakové nádoby.

Nebyl zjištěn četný výskyt nadrozměrných nekovových vměstků a jejich přítomnost odpovídá dané jakosti.

Výsledné hodnoty zkoušky tahem a zkoušky rázem v ohybu jsou v předepsaném rozmezí předpisu dané normy a to při kontrole dodaného stavu trubek, tak po provedeném žíhání.

Z výsledků zkoušení vyplývá, že hodnoty mechanických vlastností po navrženém TZ nemají výrazný vliv na použití ochranné atmosféry. Při mikrostrukturním zkoušení bylo zjištěno, že vzorky, které byly podrobeny procesu žíhání bez ochranné atmosféry, vykazují vyšší výskyt povrchových vad, charakteru atmosférické koroze. Hloubka povrchových a podpovrchových vad nemá vliv na výrobu konečného produktu.

Mikrostrukturním zkoušením bylo zjištěno, že po provedeném TZ se zjemnilo zrno, perlit se částečně sferoidizoval a nedošlo k významnému oduhličení povrchu trubek, což má pozitivní vliv na výrobu tlakových nádob.

Vzhledem k dalšímu technologickému zpracování materiálu pro výrobu tlakových nádob nemá smysl používat tepelné zpracování s ochrannou atmosférou, což má příznivý dopad na ekonomickou stránku výroby trubek.

Provedené žíhání má kladný vliv na zvýšení životnosti vstupního materiálu pro výrobu tlakových nádob.

Ke zvýšení životnosti materiálu P355N pro tlakové nádoby tím nejlepším způsobem, dojde pouze za použití metody žíhání bez ochranné atmosféry. Díky tomuto žíhání dojde ke snížení vnitřního pnutí a k zušlechtění materiálu, což je potřebné pro zvýšení životnosti materiálu. Jako ideální způsob pro výrobu tlakových nádob byl tedy zvolen druhý způsob (výroba ocelových bezešvých trubek po procesu žíhání bez ochranné atmosféry). Tento způsob je jednak oproti žíhání v ochranné atmosféře o 366 125 Kč nákladově výhodnější a hlavně k tomuto procesu dochází v naprostém souladu s životním prostředím.

Seznam použité literatury:

- [1] ŠIMEČKOVÁ, Milada. Ocel - rozdělení a označení. *Http://dumy.osehl.cz/* [online]. 2013 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: http://dumy.osehl.cz/subdom/dumy/vytvorene_materialy/52/1.sada/VY_52_INOVACE_OV-TK7-1_20.pdf
- [2] HOTAŘ, Adam. Teorie tepelného zpracování a zkoušení materiálů. *Http://www.techno-mat.cz/* [online]. TUL – FS, Katedra materiálu, 2011 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: http://www.techno-mat.cz/data/katedry/kmt/KMT_TZZ_PR_04_CZE_Hotar_Zihani.pdf
- [3] Mechanické zkoušky. *Http://www.sssebrno.cz/* [online]. 2009 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/tahova_zkouska.pdf
- [4] Dynamické zkoušky. *Http://www.sssebrno.cz/* [online]. 2009 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/dynamicke_zkousky.pdf
- [5] TKADLEČKOVÁ, Markéta, GRYC Karel a SOCHA Ladislav. Laboratorní metalografická analýza vzorků oceli pomocí světelné mikroskopie. *Http://www.fmmi.vsb.cz* [online]. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA, 2013 [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: http://www.fmmi.vsb.cz/export/sites/fmmi/cs/studium-a-vyuka/studijni-opory/204_Cviceni_CUVO_Metalografie.pdf
- [6] JONŠTA Petr, HRUBÝ Vojtěch, SILBERNAGEL Arnošt. Praktická metalografie. KOVOSIL, Hlavní 1047/21, 708 00 Ostrava – Poruba, Květen 2008. 978-80-903694-3-6
- [7] HIGGINSON R. L., SELLARS C. M.. Worked Examples in Quantitative Metallography. First published for IOM in 2003 by Maney Publishing, 1 Carlton House Terrace London SW1Y 5DB. 1-902653-80-7
- [8] WOZNIAK, Jan. *Česká technická norma - EN ISO 643: Ocel - Mikrografické stanovení velikosti zrn*. 2013.

- [9] JUREČKA Václav, HLAVÁČEK Karel, JÁNOŠÍKOVÁ Ivana, KOLCUNOVÁ Eva, MACHÁČEK Martin, PALIČKOVÁ Irena, SPÁČILOVÁ Lenka a ŠIMEK Milan. *Úvod do ekonomie*. 3. upravené vydání. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2011. ISBN 978 - 80 - 248 2515 – 1.
- [10] KUTÁČ Josef a JANOVSKÁ Kamila. *Podnikový controlling* [online]. první. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 2014-10-23]. ISBN 978-80-248-2593-9. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/PC/Podnikovy%20Controlling.pdf>
- [11] Variable Costs and Fixed Costs. [Http://economics.fundamentalfinance.com/](http://economics.fundamentalfinance.com/) [online]. 2010 [cit. 2015-02-04]. Dostupné z: http://economics.fundamentalfinance.com/micro_costs.php
- [12] *Metallographic Etching 2nd Edition: Techniques for Metallography Ceramography Plastography*. třetí. United States of America: Metals Park, Ohio: American Society for Metals, 2008. ISBN 13:978-0-87170-633-1.
- [13] MRUZKOVÁ, Jarmila. Kalkulace: Studijní materiál k předmětům [online]. Vytvořeno v rámci projektu FRVŠ č.1572/2006. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA EKONOMICKÁ FAKULTA KATEDRA FINANČÍ, 2006 [cit. 2015-02-08]. Dostupné z: <file:///D:/Programy/DropBox/Kalkulace.pdf>

Seznam příloh:

Příloha č. 1- Dodaný stav trubek vzorku A a B a dodaná ocelová bezešvá trubka.

Příloha č. 2 - Chemická analýza vzorku A a vzorku B, hmotnostní %.

Příloha č. 3 - vzorek A, příčný řez, zvětšení 100x, leptáno a vzorek A, příčný řez, zvětšení 200x, leptáno.

Příloha č. 4 - vzorek A, příčný řez zvětšení 500, leptáno a vzorek A, podélný řez, zvětšení 100 x, leptáno.

Příloha č. 5 - vzorek A, podélný řez, zvětšení 200 x, leptáno a vzorek A, podélný řez, zvětšení 500x leptáno.

Příloha č. 6 - vzorek B, příčný řez zvětšení 100x, leptáno a vzorek B příčný řez, zvětšení 200x, leptáno.

Příloha č. 7 - vzorek B, příčný řez zvětšení 500x, leptáno a vzorek B podélný řez, zvětšení 100x, leptáno.

Příloha č. 8 - vzorek B, podélný řez, zvětšení 200x, leptáno a vzorek B, podélný řez, zvětšení 500x, leptáno.

Příloha č. 9 - Mechanické zkoušení vzorku A.

Příloha č. 10 - Mechanické zkoušení vzorku B.

Příloha č. 11 - Trubka A, s ochrannou atmosférou (Ar), příčný řez, leptáno.

Příloha č. 12 - Trubka B, s ochrannou atmosférou (Ar), příčný řez, leptáno.

Příloha č. 13 - Trubka A, bez ochranné atmosféry, příčný řez, leptáno.

Příloha č. 14 - Trubka B, bez ochranné atmosféry, příčný řez, leptáno.

Příloha č. 15 – Zkušební parametry – Tahová zkouška.

Příloha č. 16 – Zkouška rázem v ohybu.

Příloha č. 1 Dodaný stav trubek vzorku A a B a dodaná ocelová bežešvá trubka.

Dodaný stav trubek vzorku A a B



Dodaná ocelová bežešvá trubka

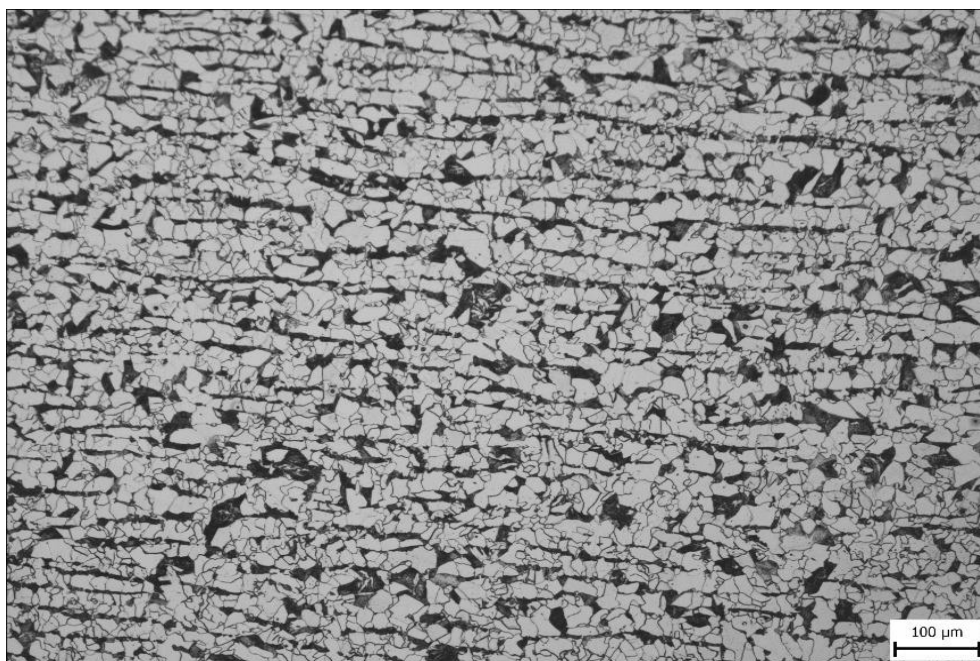


Příloha č. 2 Chemická analýza vzorku A a vzorku B, hmotnostní %.

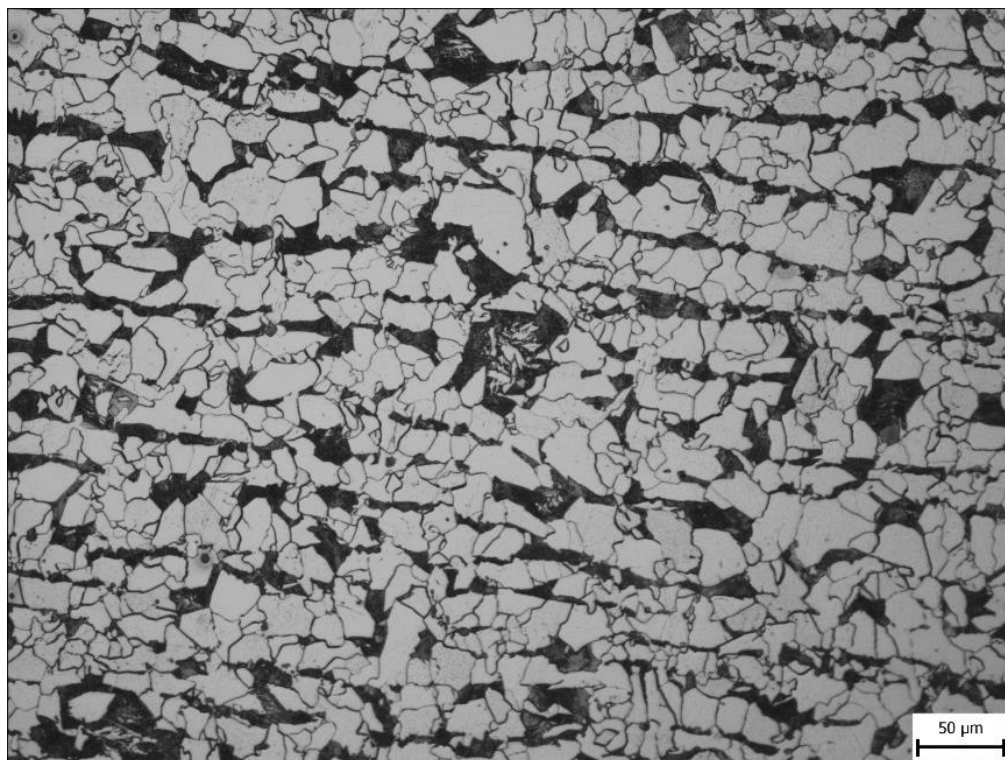
vzorek	A	B
tavba	48358K	48358K
C	0,148	0,148
Mn	1,29	1,29
Si	0,215	0,214
P	0,013	0,013
S	0,006	0,006
Cu	0,073	0,073
Ni	0,029	0,028
Cr	0,06	0,06
Al_c	0,03	0,03
N	0,0035	0,0036
Mo	0,005	0,005
V	0,001	0,001
Ti	0,001	0,001
Nb	0,025	0,025
Ca	0,0027	0,0023
Sn	0,004	0,004
B	0,0003	0,0003
As	0,004	0,004

Příloha č. 3

vzorek A, příčný řez, zvětšení 100x, leptáno

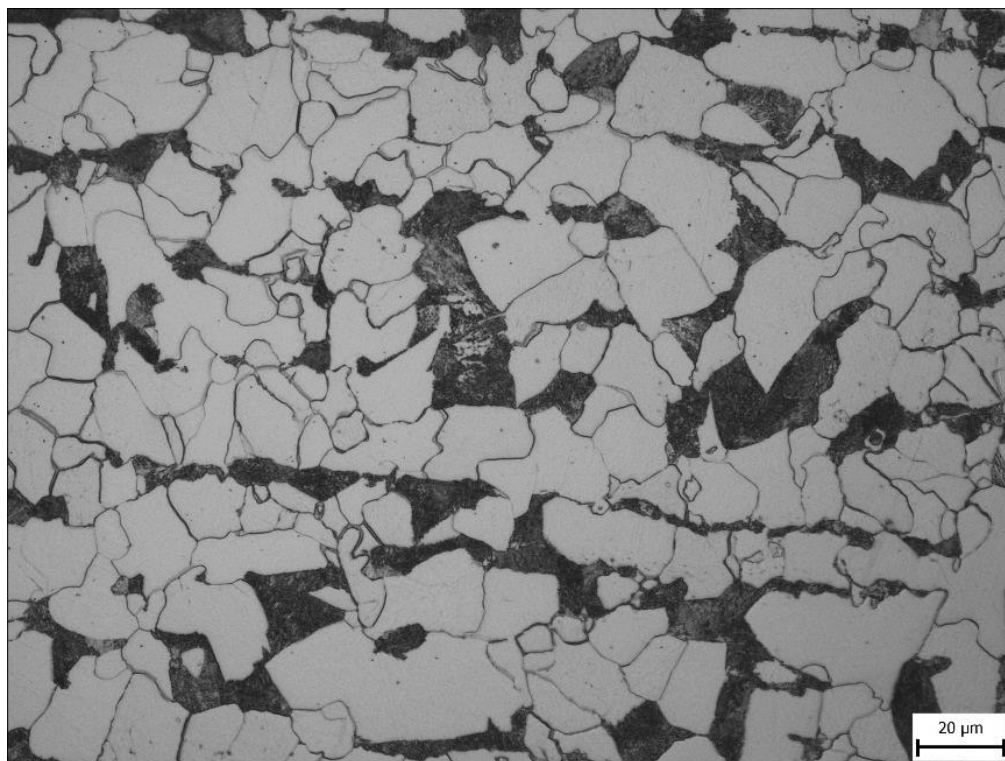


vzorek A, příčný řez, zvětšení 200x, leptáno

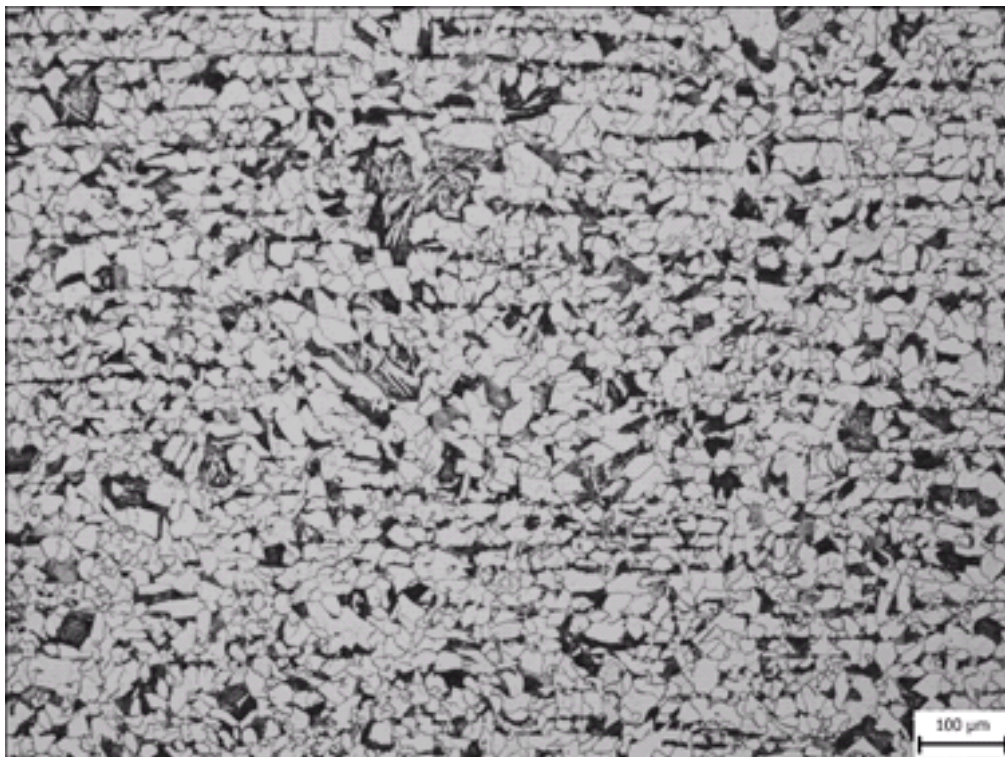


Příloha č. 4

vzorek A, příčný řez, zvětšení 500, leptáno

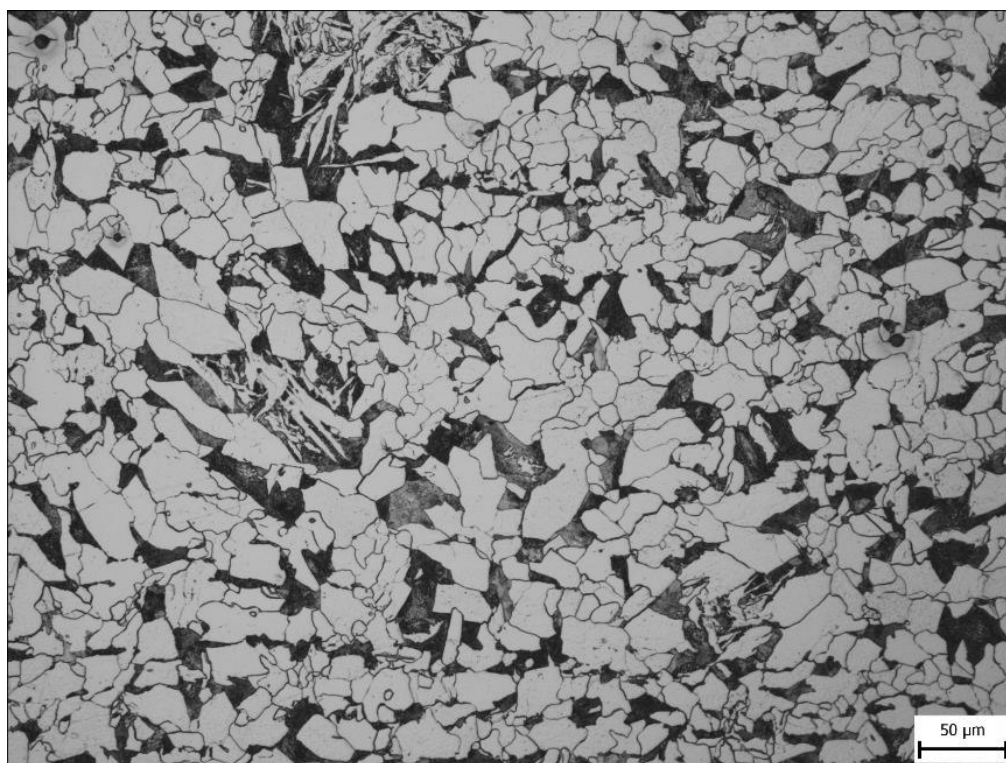


vzorek A, podélný řez, zvětšení 100 x, leptáno

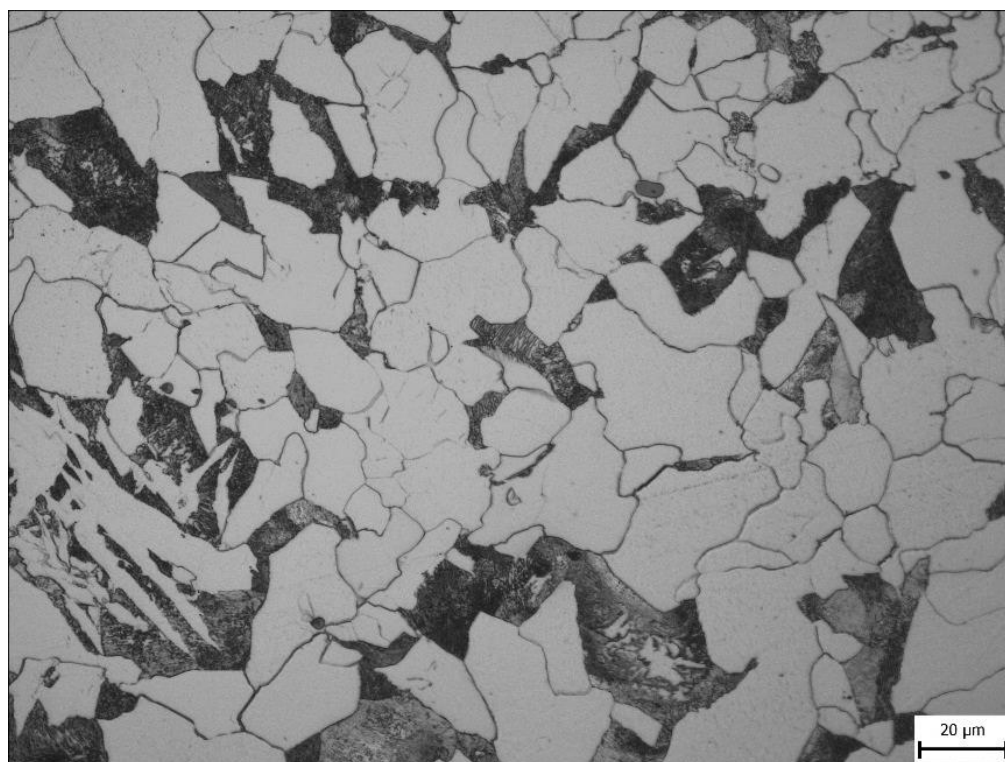


Příloha č. 5

vzorek A, podélný řez, zvětšení 200 x, leptáno

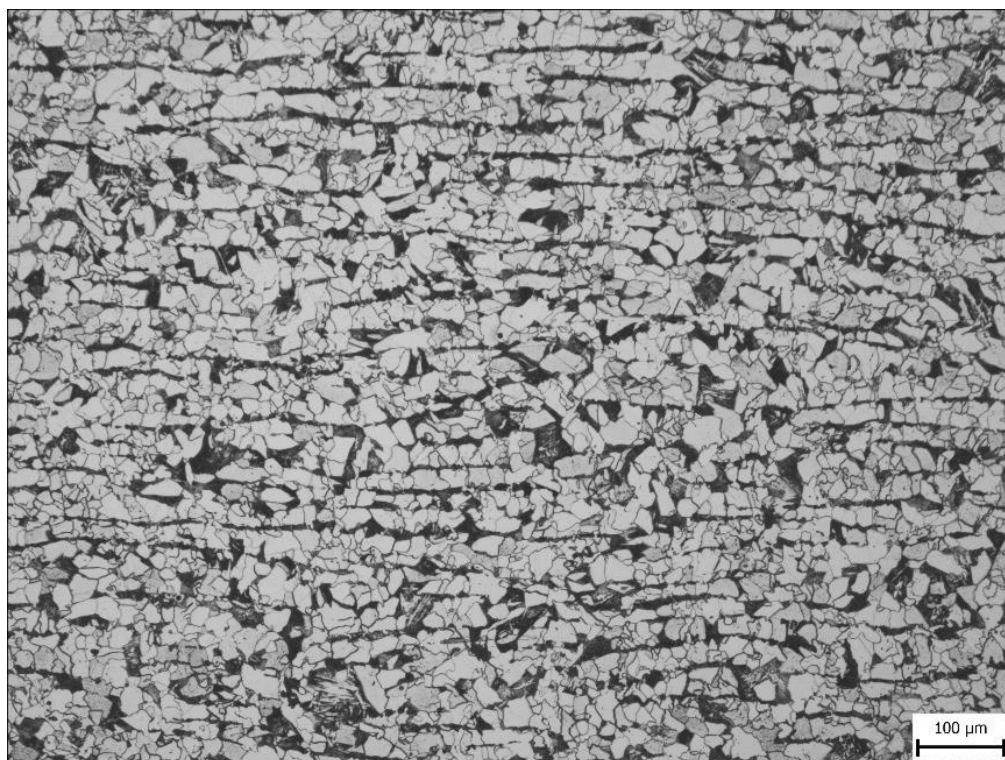


vzorek A, podélný řez, zvětšení 500x leptáno

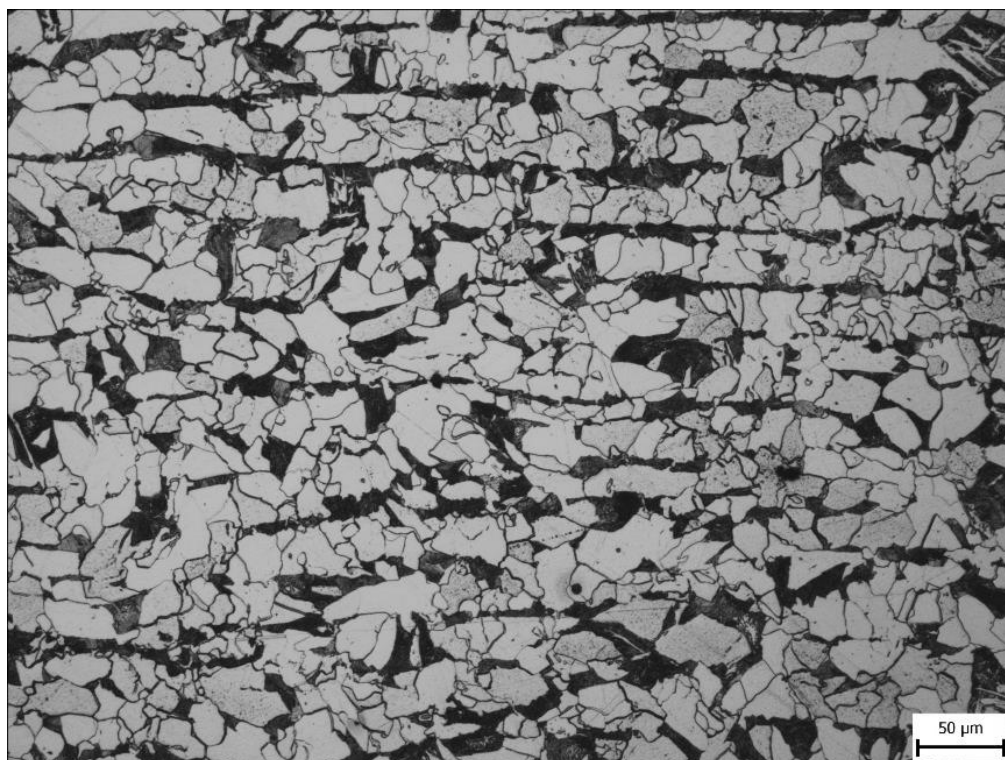


Příloha č. 6

vzorek B, příčný řez, zvětšení 100x, leptáno

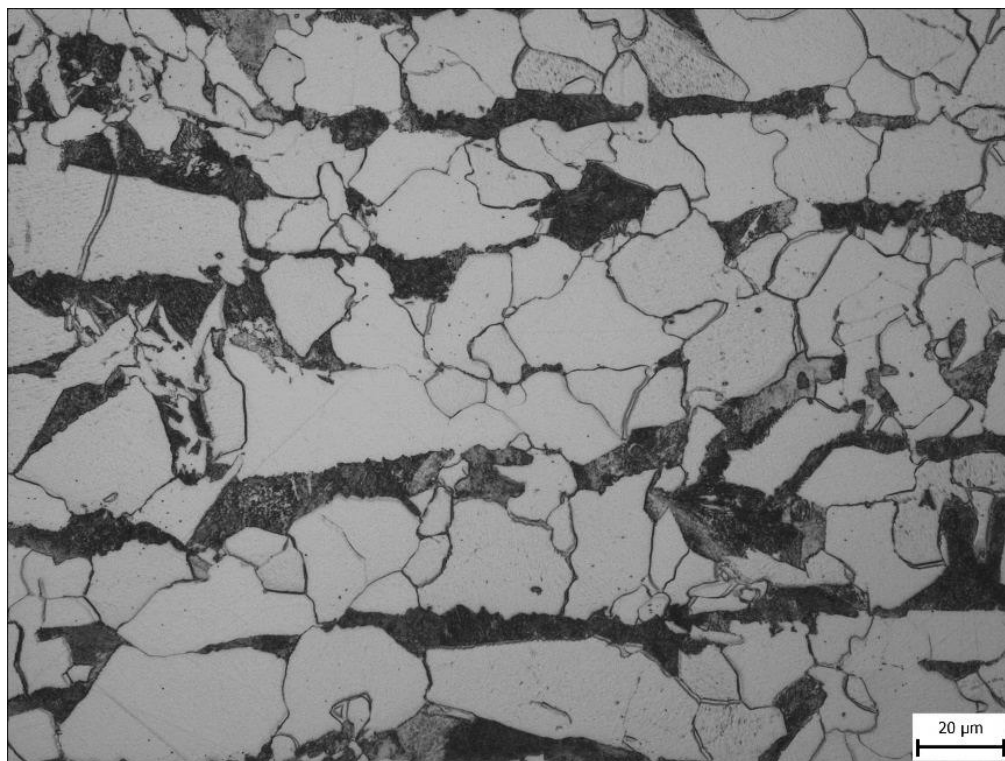


vzorek B příčný řez, zvětšení 200x, leptáno

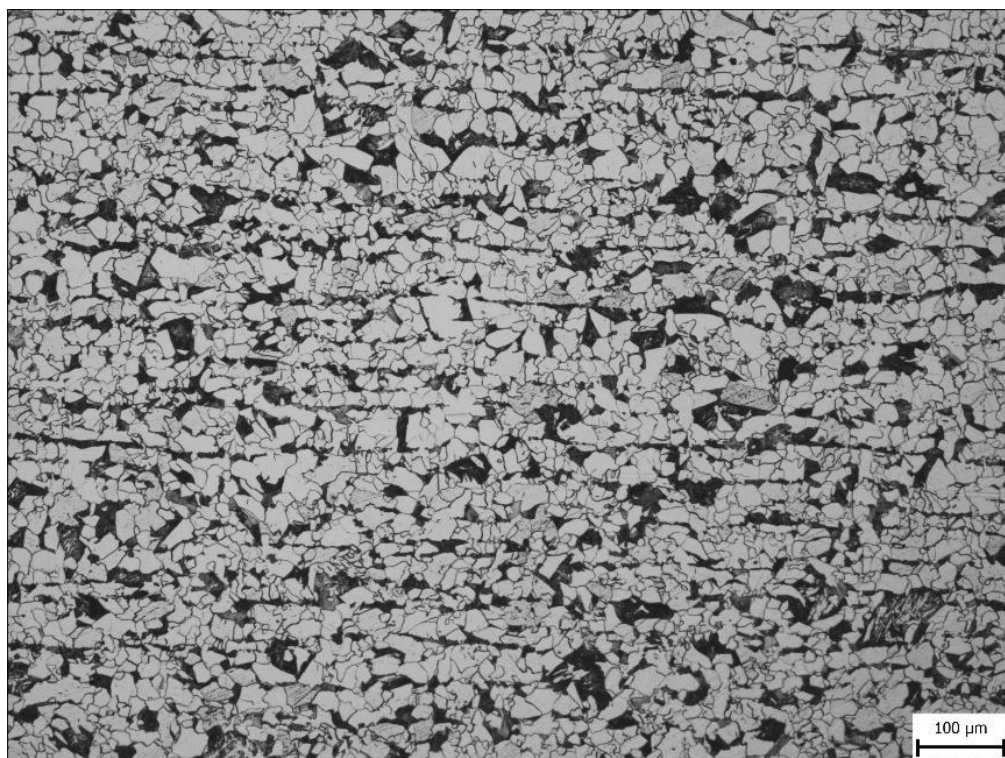


Příloha č. 7

vzorek B, příčný řez, zvětšení 500x, leptáno



vzorek B podélný řez, zvětšení 100x, leptáno

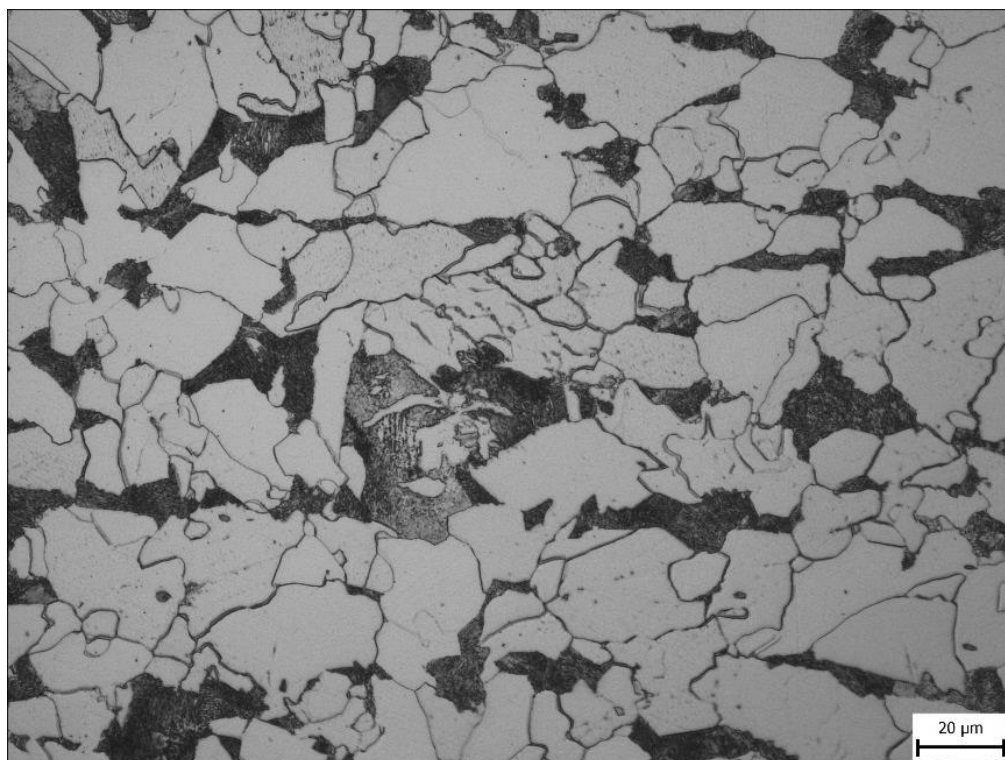


Příloha č. 8

vzorek B, podélný řez, zvětšení 200x, leptáno



vzorek B, podélný řez, zvětšení 500x, leptáno



Příloha č. 9 Mechanické zkoušení vzorku A

Zkouška nárazové práce (J), vzorek A

Vzorek	Naměřené hodnoty (J)	Průměrná hodnota (J)	Rozměr vzorků (mm)		Vrub	Teplota (°C)
A	120	143	10	7,5	V2	-20
	132		10	7,5	V2	-20
	178		10	7,5	V2	-20

Zkouška tahem, vzorek A

Vzorek	Kluz (Mpa)	Pevnost (Mpa)	Tažnost (%)	Kluznost/ Pevnost	Předpis kluz (min. Mpa)	Předpis kluz (max. Mpa)	Předpis pevnost (min. Mpa)	Předpis pevnost (max. Mpa)	Předpis tažnost (%)
A	369	518	24,7	0,71	355	0	470	630	22,0
	384	523	23,6	0,73	355	0	470	630	22,0
	368	523	29,8	0,7	355	0	470	630	22,0

Příloha č. 10 Mechanické zkoušení vzorku B

Zkouška nárazové práce (J), vzorek B

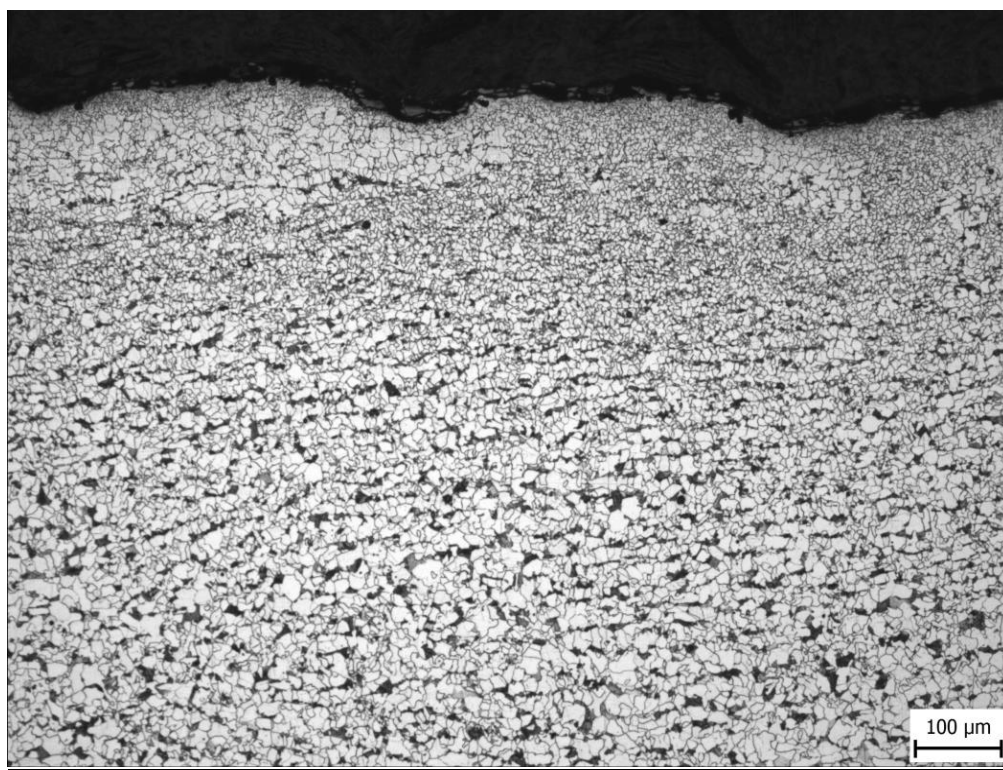
Vzorek	Naměřené hodnoty (J)	Průměrná hodnota (J)	Rozměr vzorků (mm)		Vrub	Teplota (°C)
B	125	138	10	7,5	V2	-20
	155		10	7,5	V2	-20
	135		10	7,5	V2	-20

Zkouška tahem vzorek B

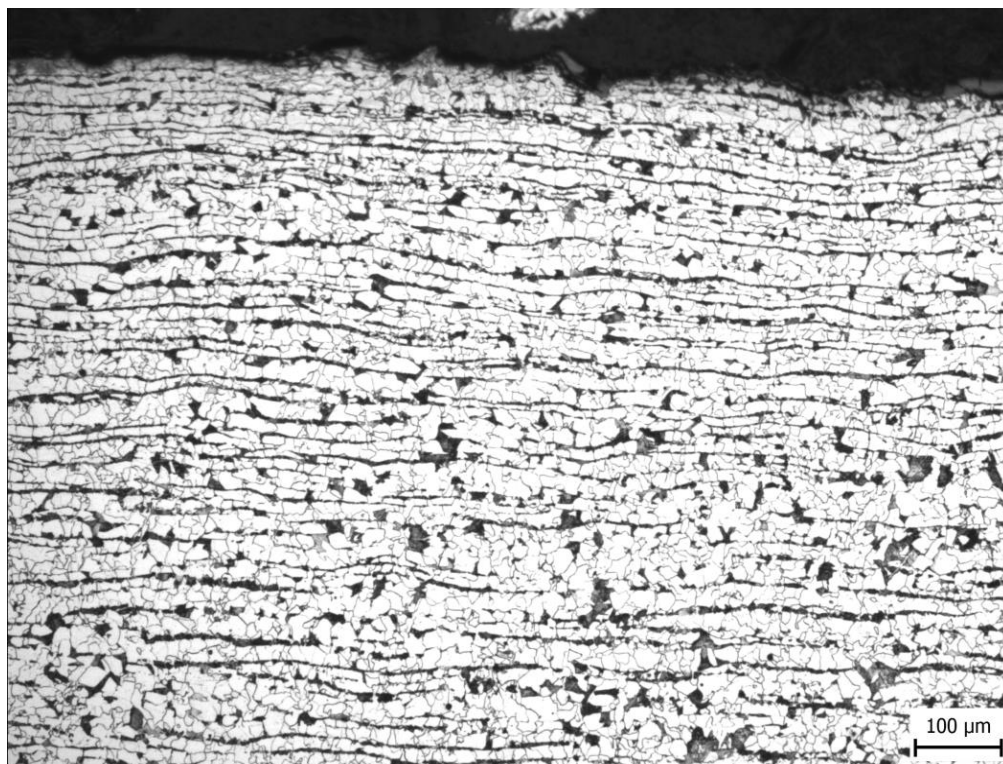
Pevnost (Mpa)	Tažnost (%)	Kluznost/ Pevnost	Předpis kluz (min. Mpa)	Předpis kluz (max. Mpa)	Předpis pevnost (min. Mpa)	Předpis pevnost (max. Mpa)	Předpis tažnost (%)
511	24,1	0,71	355	0	470	630	22,0
512	26,9	0,73	355	0	490	630	22,0
522	28,8	0,71	355	0	490	630	22,0

Příloha č. 11 Trubka A, s ochrannou atmosférou (Ar), příčný řez, leptáno

1 - vzorek 1A, vnější povrch

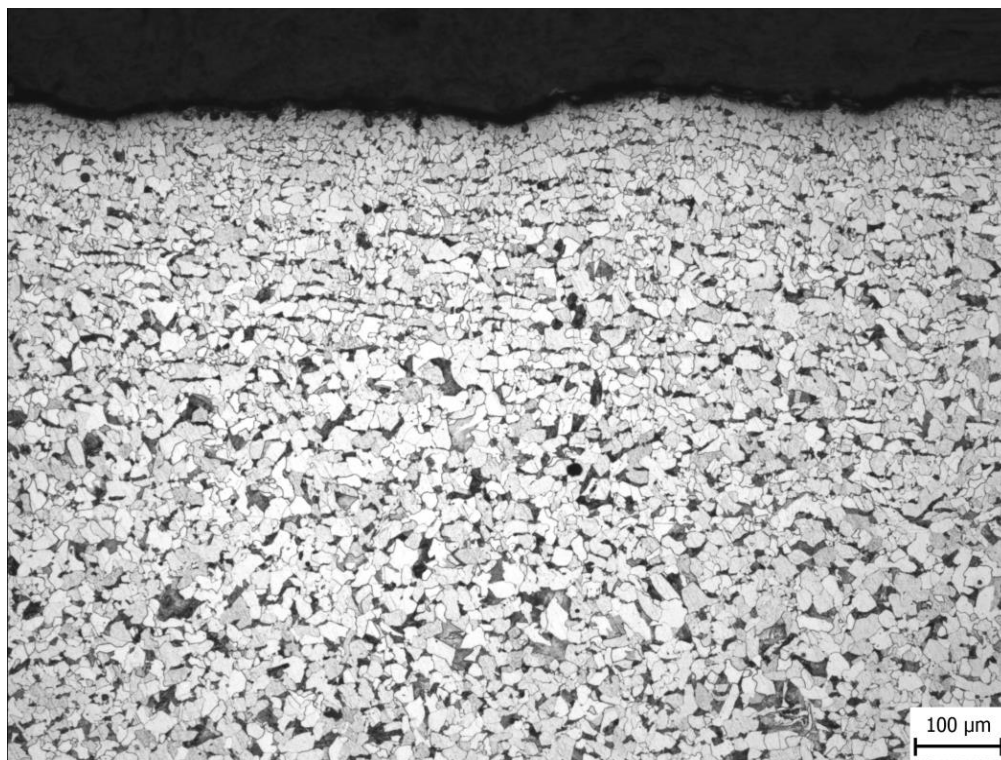


2 - vzorek 1A, vnitřní povrch

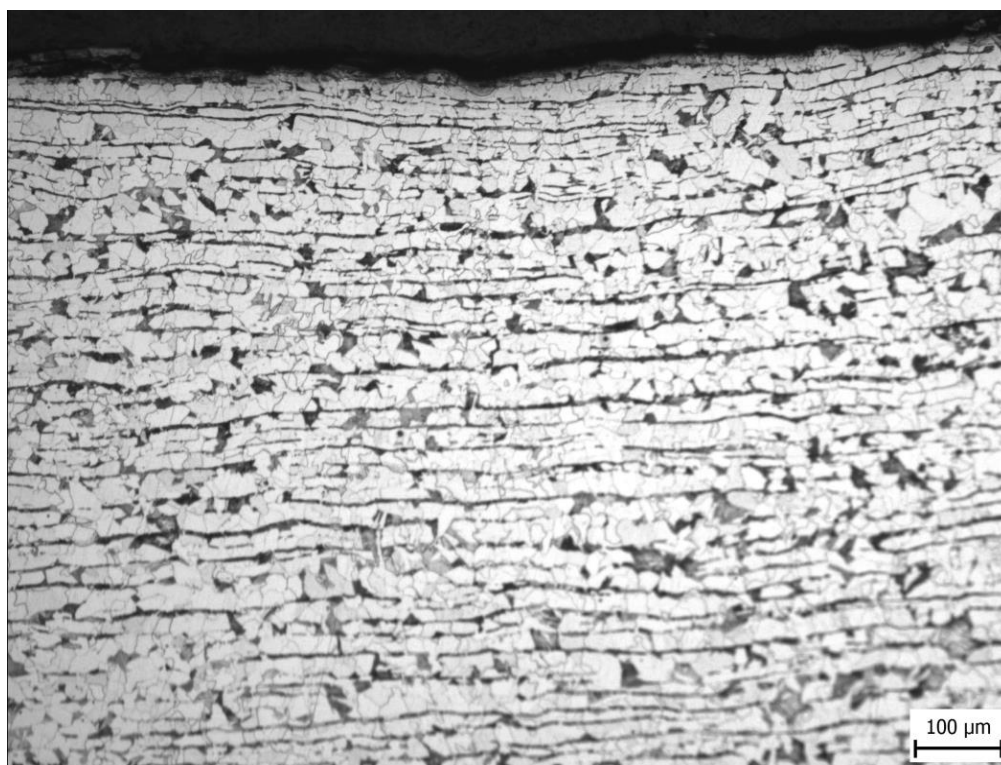


Příloha č. 12 Trubka B, s ochrannou atmosférou (Ar), příčný řez, leptáno

3 - vzorek 1B, vnější povrch

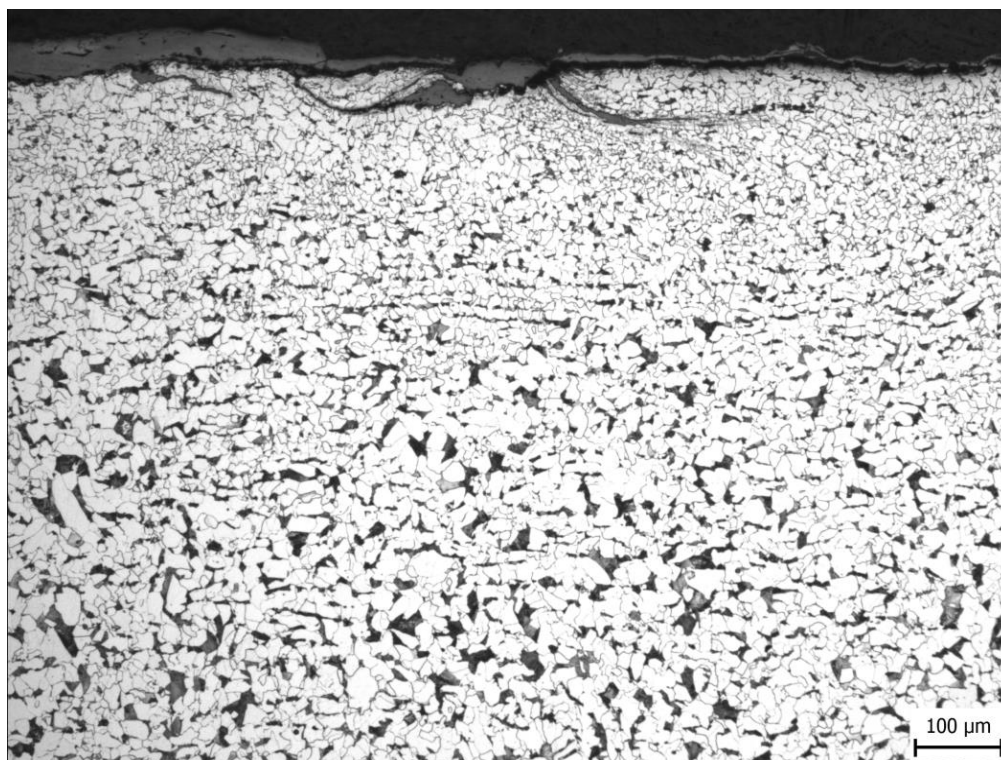


4 - vzorek 1B, vnitřní povrch

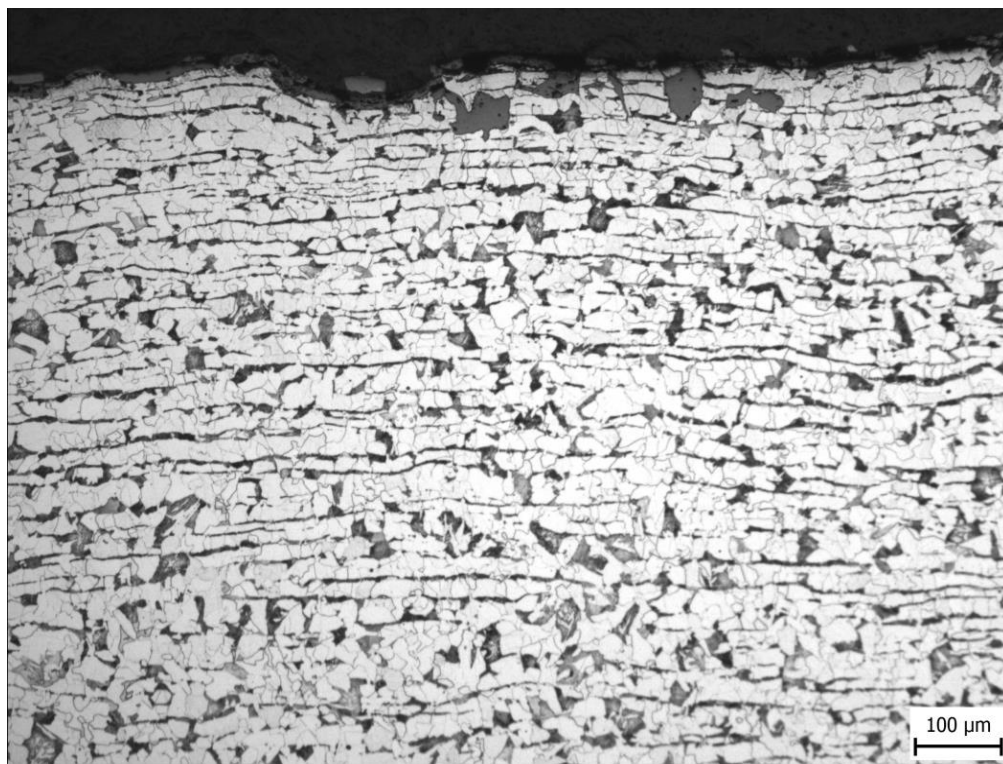


Příloha č. 13 Trubka A, bez ochranné atmosféry, příčný řez, leptáno

5 - vzorek 2A, vnější povrch

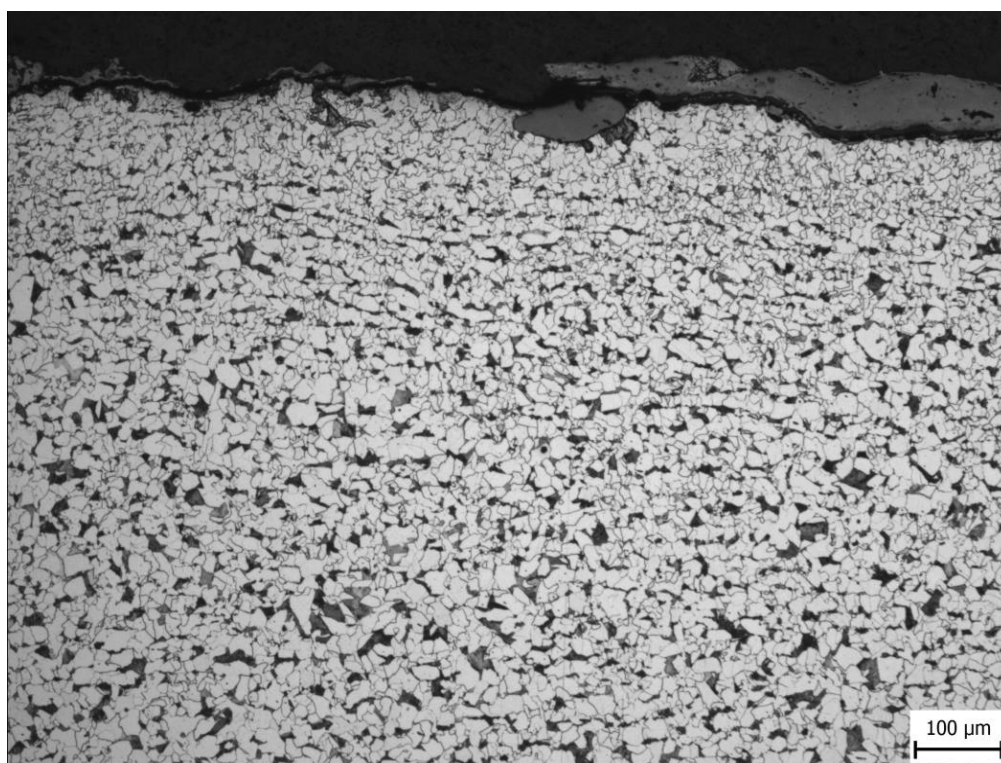


6 - vzorek 2A, vnitřní povrch

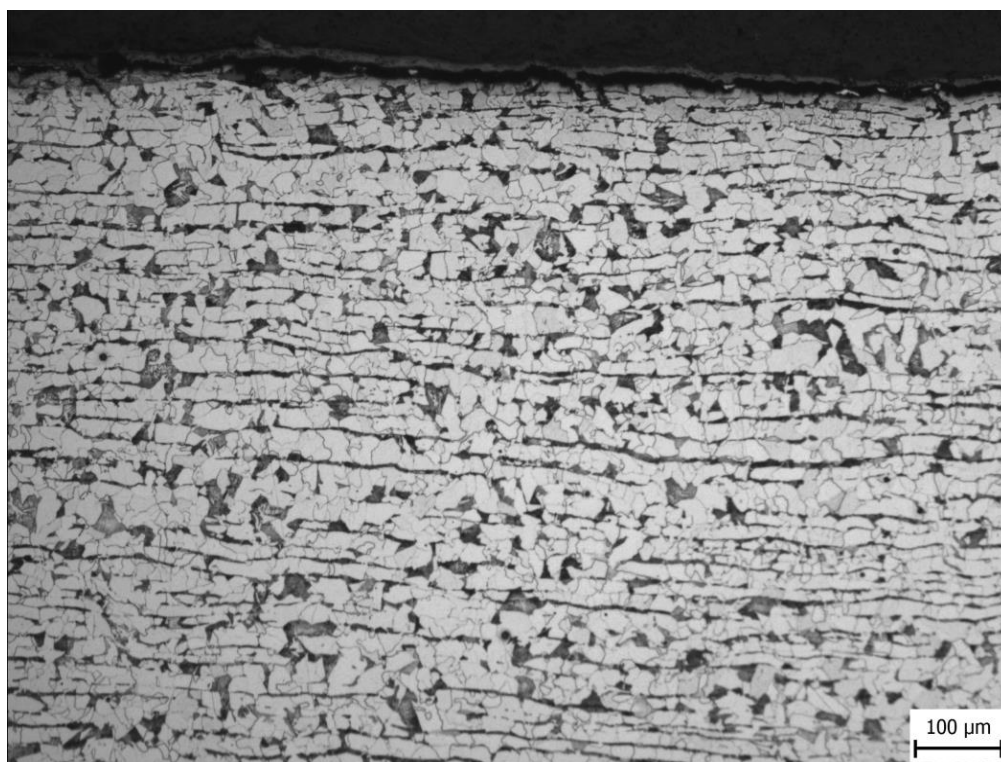


Příloha č. 14 Trubka B, bez ochranné atmosféry, příčný řez, leptáno

7- vzorek 2B, vnější povrch



8- vzorek 2B, vnitřní povrch



Příloha č. 15 – Zkušební parametry - Tahová zkouška

Zadavatel: - Ing. Vlčková
Interní značení: P355-N
Číslo objednávky:
Materiál: P355-N

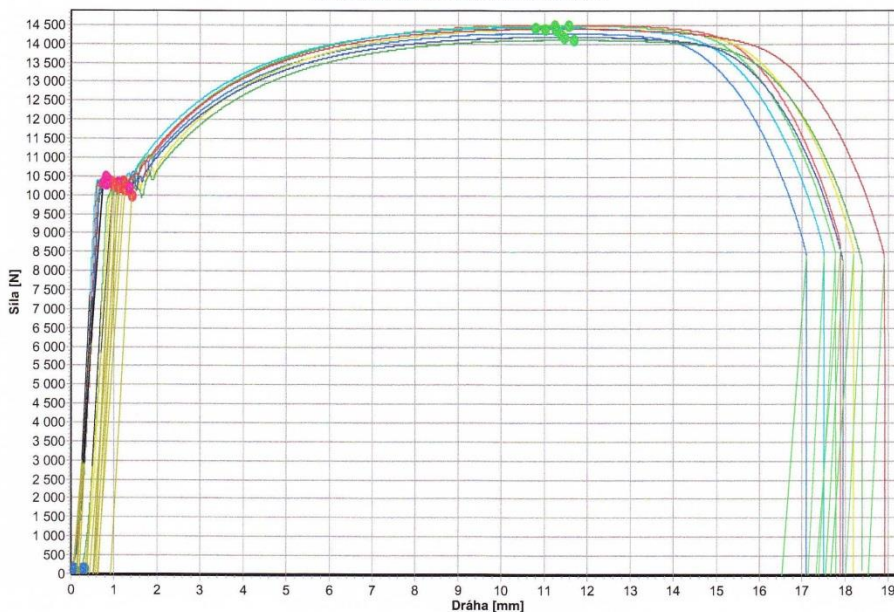


Teplota zkoušení: 22 °C

Zkušební parametry

Zkušební norma: Tahová zkouška ČSN EN ISO 6892-1
Typ stroje: TiraTest2300
Snímač síly: síla
Zkušební rychlosti: V0 = 2,5 mm/min; V1 = 20 MPa/s; V2 = 5 mm/min; V3 = 5 mm/min
Přepínací body: F0 = 150 N; U12 = 350 MPa

Tahová zkouška ČSN EN ISO 6892-1



Výsledky zkoušky

	Ozn. vzorku	E GPa	R _p MPa	ReH MPa	R _m MPa	A %	Z %
1	A1	229,9	367	373	515	34,0	74,6
2	A1	201,0	366	371	516	35,0	75,2
3	A2	231,1	364	368	509	34,9	74,8
4	A2	226,1	358	364	507	36,9	75,4
5	B1	205,3	365	369	512	35,9	74,4
6	B1	214,9	361	363	506	37,6	75,8
7	B2	224,1	355	362	501	38,6	75,7
8	B2	220,6	363	365	503	36,1	75,7

Zkoušku provedl(a): Rabinský
Podpis

V dobré dne: 13.12.2014
Stránka 1 z 1

Příloha č. 16 Zkouška rázem v ohybu



ADVANCED METAL
TECHNOLOGIES

ZKOUŠKA RÁZEM V OHYBU

Laboratoř mechanických vlastností
VÚHŽ a. s. se sídlem 737 51 Dobrá 240
vedená u KS v Ostravě, oddíl B, vložka 3030, IČ 27768953

Zadavatel: Ing. Irena Vlčková

Zakázka č.:

Interní značení:

List č: 1

Pořadové číslo	Označení zkušebního tělesa (vzorku)	Tvar a rozměry zk. tělesa				Absorbovaná energie $K V_2$	Příčná průřezová plocha	Absorbovaná energie/příčná průř. plocha	Podíl smykového lomu - FA	Poznámka
		Šířka w	Výška h	Typ vrubu	Hloubka vrubu					
		[mm]	[mm]		[mm]	[J]	[cm ²]	[J/cm ²]	[%]	
1.	A1	7,5	10,0	V	2,0	114	0,6	190		
2.		7,5	10,0	V	2,0	142	0,6	237		
3.		7,5	10,0	V	2,0	132	0,6	220		
4.	A2	7,5	10,0	V	2,0	141	0,6	235		
5.		7,5	10,0	V	2,0	126	0,6	210		
6.		7,5	10,0	V	2,0	130	0,6	217		
7.	B1	7,5	10,0	V	2,0	162	0,6	270		
8.		7,5	10,0	V	2,0	122	0,6	203		
9.		7,5	10,0	V	2,0	132	0,6	220		
10.	B2	7,5	10,0	V	2,0	160	0,6	267		
11.		7,5	10,0	V	2,0	172	0,6	287		
12.		7,5	10,0	V	2,0	120	0,6	200		
13.										
14.										
15.										
16.										
17.										
18.										
19.										
20.										Vzorky vráceny zadavateli

Zkušební stroj: PSW 30
Kondicionovaná teplota [°C]:
Potenciální energie K_p [J]: 300
Použitá norma: ČSN ISO 148-1

Zkoušku provedl(a):
V Dobré, dne: 13.12.2014
Podpis

Rabinský